

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE DOIS  
LABORATÓRIOS DE ENSAIOS DE ATENUAÇÃO  
DE RUÍDO DE PROTETORES AUDITIVOS: LARI –  
UFSC – BRASIL/ASL – VT – US.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE DOIS LABORATÓRIOS DE ENSAIOS  
DE ATENUAÇÃO DE RUÍDO DE PROTETORES AUDITIVOS: LARI – UFSC –  
BRASIL/ASL – VT – US.**

**GISELE VIEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção da Universidade Federal de  
Santa Catarina como requisito parcial para obtenção de  
título de Mestre em Engenharia de Produção.

**FLORIANÓPOLIS – SANTA CATARINA – BRASIL**

**ABRIL DE 2001**

**GISELE VIEIRA**

**COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE DOIS LABORATÓRIOS DE ENSAIOS  
DE ATENUAÇÃO DE RUÍDO DE PROTETORES AUDITIVOS: LARI – UFSC –  
BRASIL/ASL – VT – US.**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.

Coordenador do Curso

**Banca Examinadora**

Prof. Samir N. Y. Gerges, Ph.D.

Orientador

Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph.D.

Prof. Neri dos Santos, Dr.

## **AGRADECIMENTOS**

- Agradeço aos meus pais e irmãos pelo apoio incondicional.
- Ao André, pelo carinho, paciência e incentivo constante.
- Ao Professor Samir, pela orientação, as oportunidades e a amizade proporcionada.
- À VT (Virginia Tech University) na pessoa do Prof. John G. Casali, que me recebeu e propiciou a realização de parte deste trabalho.
- Ao Prof. Bob Samohyl, pela ajuda na modelagem da análise.
- A todos os colegas do LVA, pelos momentos compartilhados.
- A CAPES pelo apoio financeiro.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE ABREVIACÕES.....	viii
LISTA DE REDUÇÕES.....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.2. JUSTIFICATIVA .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	5
1.4. DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	6
1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	7
2 – PROTETORES AUDITIVOS .....	8
2.1. INTRODUÇÃO.....	8
2.2. O SISTEMA AUDITIVO .....	8
2.3. RUÍDO E PERDA AUDITIVA .....	10
2.4 Protetores Auditivos (PA).....	13
2.5. Atenuação do Protetor Auditivo .....	17
3. REGULAMENTAÇÃO EM PROTETORES AUDITIVOS .....	27
3.1. Introdução.....	27
3.2. Regulamentação Brasileira.....	27

3.3. Regulamentações nos Estados Unidos.....	32
3.4. Conclusão:.....	37
4. Credenciamento .....	40
4.1. Introdução.....	40
4.2. Estado da Arte do Credenciamento .....	41
4.3. Credenciamento no Brasil.....	46
4.4. Credenciamento nos EUA .....	48
4.5. Situação Atual do LARI e ASL .....	49
4.6. Conclusão.....	49
5. APLICAÇÃO PRÁTICA.....	51
5.1. INTRODUÇÃO.....	51
5.2. Metodologia de Análise .....	52
5.4. Laboratório de Audição e Sistemas (ASL) .....	62
5.5. ANÁLISE DE CUSTO DOS LABORATÓRIOS. ....	66
5.6. Análise do LARI.....	71
5.4. O Valor Uniforme Equivalente para o LARI .....	74
5.7. Resultados Financeiros e Comentários.....	75
6. CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	78
BIBLIOGRAFIA.....	79

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Sistema Auditivo .....	10
FIGURA 2.2a: Comparação dos resultados de atenuação de protetores tipo concha medidos em campo e em laboratório. ....	18
FIGURA 2.2b: Comparação dos resultados de atenuação de protetores tipo plugue medidos em campo e em laboratório. ....	19
FIGURA 2.3: Comparação entre resultados de campo e laboratoriais para NRR (Nível de Redução de Ruído) para cinco protetores auditivos de diferentes tipos. ....	20
FIGURA 4: Dados de atenuação para Concha de acordo com informações fornecidas pelo fabricante, resultados medidos em campo e resultados de medições laboratoriais. ....	21
FIGURA 2.5: Comparação entre dados dos rótulos de protetores auditivos (ANSI S3.19) com dados de performance em campo e também com dados de resultados laboratoriais utilizando o método B (ANSI S12.6). ....	23
FIGURA 2.6: Resultados de NRRs apresentados pelos fabricantes comparados com os resultados de NRR calculados através de dados de atenuação obtidos no campo em duas condições de colocação diferentes. ....	23
FIGURA 3.1: Rótulo de PA nos EUA .....	34
FIGURA 4.1a: Requisitos Gerais para Competência em Laboratórios de Ensaio e Calibração – Sistemas de Gerenciamento [21] .....	45
FIGURA 4.1b: Requerimentos Gerais para Competência em Laboratórios de Ensaio e Calibração – Técnico [21] .....	46
FIGURA 5.1 – Fluxo de Caixa do ASL (1999 – 2009) .....	67
FIGURA 5.2: Fluxo de Caixa do LARI (1998- 2000) .....	72
FIGURA 5.3: Gráfico do VAUE (anual) para o LARI e ASL .....	76
FIGURA 5.4: Ensaio por ano (LARI - ASL) .....	75

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: Níveis permitidos de exposição ao ruído [15] .....	28
TABELA 3.2: NÍVEIS PERMITIDOS DE RUÍDO [18].....	36
TABELA 5.1a: Lista dos Custos dos Equipamentos - LARI.....	57
TABELA 5.1b: Lista dos Equipamentos LARI – Valores em US\$.....	58
TABELA 5.2: Depreciação dos Equipamentos (US\$) .....	59
TABELA 5.3: Custos de Construção do LARI (R\$ e US\$) .....	60
TABELA 5.4: Custos de Credenciamento (R\$ e US\$).....	61
TABELA 5.5: Custos de Pessoal.....	61
TABELA 5.6: Custos dos Equipamentos (ASL) – US\$.....	63
TABELA 5.7: Depreciação dos Equipamentos do ASL .....	64
TABELA 5.8: Custos de Credenciamento do ASL .....	65
TABELA 5.9: Fluxo de Caixa do ASL .....	67
TABELA 5.10: Valor Presente do ASL .....	68
TABELA 5.11. Valor Uniforme Equivalente (ASL).....	69
TABELA 5.12: Custo do Ensaio de PA (ASL) .....	70
TABELA 5.13 Número de PA a serem realizados a cada ano.....	71
TABELA 5.14: Fluxo de Caixa do LARI.....	71
TABELA 5.15a: Valor Presente sem Bolsas de Estudos .....	73
TABELA 5.15b: Valor Presente considerando as Bolsas de Estudos .....	73
TABELA 5.16a: VUE sem bolsas de Estudos .....	74
TABELA 5.16b: VUE com bolsas de Estudos .....	74
TABELA 5.17: Custo do Ensaio de PA – LARI .....	75
TABELA 5.18: Total de Ensaio de PA a serem realizados no ano (LARI) .....	75



## LISTA DE ABREVIACÕES

ANSI – American National Standard Institute

NIOSH – National Institute

NVLAP – National Voluntary Laboratory Accreditation Program

ASL – Auditory and Systems Laboratory

VT – Virginia Tech University

EPA – Environmental Protection Agency

US – United States of America

OSHA – Occupational Safety and Health Administration

CFR – Code of Federal Regulation

ISO – International Standard Organization

IEC – International Electrotechnical Commission

ILAC – International Laboratory Accreditation Cooperation

MRA – Mutual Recognition Agreement

NIST – National Institute of Standardization and Technology

ISE – Industrial and Systems Engineering

LARI – Laboratório de Ruído Industrial

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

MTE – Ministério do Trabalho e do Emprego

NR – Norma Regulamentadora

SEESMT – Serviço Especializado em Eng., Segurança e Medicina do Trabalho

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

CONACRE – Comitê Nacional de Credenciamento

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CNPq – Conselho Nacional Pesquisa

CAPES – Coord. de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

FEESC – Fundação do Ensino da Engenharia em Santa Catarina

BCB – Banco Central do Brasil

## LISTA DE REDUÇÕES

CA – Certificado de Aprovação

FC – Fluxo de Caixa

PCA – Programa de Conservação Auditiva

PA – Protetor Auditivo

LAB - Laboratório

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

NIPTS – Noise Induced Permanent Threshold Shift

NITTS – Noise Induced Temporary Threshold Shift

NRR – Nível de Redução de Ruído

NRR (sf) – Nível de Redução de Ruído (Colocação pelo Ouvinte)

VUE – Valor Uniforme Equivalente

PMT – Pagamento

VP – Valor Presente

REAT – Real Ear Attenuation Threshold

DP – Desvio Padrão

## RESUMO

O presente estudo ‘e uma analise do custo de construção e manutenção do Laboratório de Ruído Industrial (LARI) situado na Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil, credenciado pelo INMETRO para realizar Ensaio de Atenuação de Protetores Auditivos de acordo com a nova norma ANSI S12.6 – 1997 – Método B, comparado com os custos para o Auditory and Systems Laboratory (ASL), situado na Virginia Tech University (VT) que realiza o mesmo tipo de ensaio e que também e credenciado pelo NVLAP (rgo de Credenciamento dos US).

Para tanto, consta do trabalho  justificativa da ênfase na nova versão da ANSI S12.6 – método B, justificativa essa estabelecida com base em pesquisa bibliográfica dos trabalhos já publicados que comparam os valores obtidos pela nova norma e os valores obtidos em campo e com a versão anterior da norma, e que deixam claro as medições realizadas com nova versão produzem resultados mais próximos aos obtidos com medições em campo, sendo conseqüentemente um melhor padrão de comparação.

Alem disso uma revisão da legislação quanto ao uso de protetores nos dois países. Também consta do trabalho uma revisão dos requisitos do credenciamento de laboratórios e sua importância na qualidade dos servios prestados a comunidade.

## **ABSTRACT**

The present work is a cost analysis of the cost of creation and maintenance of LARI (Laboratory of Industrial Noise) held by Federal University of Santa Catarina –UFSC – Brasil, accredited by MTE to realize HPD Attenuation Measurements and Research under ANSI S12.6 – 1997, method B, compared with the ASL – Auditory and Systems Laboratory, held by Virginia Tech University (VT) that realizes the same kind of measurements and is accredited by NVLAP, one of the US accreditation body.

The importance of the recognition by the government agencies of the ANSI S12.6 – 1997 new version, as the preferred method to test HPD's attenuation is clear after the bibliographic research, which shows that the results from S12.6, method B are closer to the field results than the results from the previous version of the standards.

The Economic Analysis shows that the cost items and the absolute values of the cost for both laboratories are very similar. LARI's costs are higher, but not as higher than one could think. However, comparing the prices practiced by both LAB's its clear that LARI's price is below its needs, while in the ASL's case the prices are according to its needs.

Keyword: Hearing Protectors, ANSI S12.6 – Method B, Cash Flow.

# 1. INTRODUÇÃO

A exposição prolongada a altos níveis de ruído é um dos maiores problemas da vida moderna, nas atividades de lazer bem como no trabalho. O caso dos trabalhadores da indústria é especialmente problemático. Muitos trabalhadores estão perdendo sua audição devido à exposição excessiva ao ruído, e quando eles percebem o problema, através dos seus efeitos na audição e comunicação, a situação encontra-se irreversível.

Nos casos de níveis extremos de ruído, que ameaçam a saúde dos trabalhadores, o controle de ruído na fonte é a solução mais recomendada. Porém, de acordo com GERGES [1]:

*“Quando as técnicas de controle de ruído na fonte ou na trajetória não estão disponíveis imediatamente, ou são inaplicáveis para a situação, o uso de Protetores Auditivos (PA) é recomendado como a solução mais efetiva, prática e com baixo custo para diminuir o perigo oferecido pelo ruído excessivo”.*

Os PAs são eficientes tanto para o ruído industrial, quanto para aquele gerado pela exposição nos momentos de lazer, desde que sejam escolhidos adequadamente, bem colocados e utilizados propriamente, durante toda a jornada de trabalho. Nos países desenvolvidos, os protetores auditivos apenas podem ser utilizados após terem sido propriamente testados de acordo com normas especificadas pelas agências governamentais responsáveis.

Existem muitos fatores que podem influenciar na performance do PA, como a colocação, a correta utilização, conforto e motivação. Porém, o fator mais comumente utilizado como um critério para a comercialização e recomendação quanto ao uso do PA é o Nível de Redução de Ruído (NRR). Os empregadores geralmente buscam por protetores que possuem um alto NRR, pois consideram que estes são mais efetivos na atenuação de ruído.

Os protetores devem ser testados quanto a sua atenuação de acordo com normas especificadas pelos órgãos governamentais responsáveis de cada país. Existem normas vigentes desde 1954, o que demonstra o quão recente é o reconhecimento dos problemas causados pelo ruído. Essas normas podem variar entre os diferentes países, porém algumas delas, como as normas ANSI<sup>1</sup> e ISO<sup>2</sup> possuem abrangência internacional. O Brasil, por exemplo, adota os requisitos da ANSI no que diz respeito a PA. Porém as normas existentes até 1997 sempre apresentaram resultados discrepantes quando comparados com os resultados obtidos em ensaios de campo.

A maioria das técnicas de medição utilizada em procedimentos de testes laboratorial busca a melhor performance possível para o PA, de forma a obter altos valores de atenuação. No campo, porém, a performance não pode ser a melhor, por que muitos fatores interferem na utilização do PA, causando,

---

<sup>1</sup> ANSI é a Agência Nacional de Normalização Americana

<sup>2</sup> ISO é a Agência Internacional de Normalização

conseqüentemente, grandes diferenças nos resultados encontrados no campo, comparados com os encontrados em laboratório.

No entanto, o papel dos resultados laboratoriais não pode ser negado ou negligenciado. Essas discrepâncias entre resultados de campo e de laboratório levam a necessidade de uma nova norma para procedimentos de medição, cujos resultados sejam mais compatíveis com os resultados encontrados no campo. A ANSI (Instituto Nacional Americano de Normas), representado pelo Grupo de Trabalho 11, desenvolveu uma nova versão para a ANSI S12.6 – 1984, cuja principal intenção é produzir resultados compatíveis com os de campo. A nova versão, chamada de ANSI S12.6, método B – colocação pelo ouvinte, foi finalizada em 1997. Ela é chamada Método B, pois por decisão do grupo de trabalho, a versão anterior da norma foi também mantida, e incorporada a nova versão como método A, sendo considerada uma opção para pesquisas em desenvolvimento de melhores produtos, onde os máximos níveis de atenuação obtidos são apreciados.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

A nova versão da ANSI S12.6 – 1997, método B é recomendada pela ANSI e NIOSH para ser adotada como a melhor ferramenta para medição de atenuação dos protetores auditivos, para fins de informação aos usuários, nos Estados Unidos da América (USA), atualmente.

O Brasil não possui ainda sua própria norma de procedimentos de ensaios de protetores auditivos. Existe, no entanto, um grupo de trabalho responsável pelo desenvolvimento de uma norma brasileira nesta área,



baseando-se na ANSI S12.6-1997 – Método B. Enquanto a versão brasileira não é finalizada a agência governamental brasileira responsável pela regulamentação em Protetores auditivos, Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE), recomenda a utilização da nova versão da norma ANSI, como procedimento para medição de atenuação de protetores auditivos. Porém o MTE ainda aceita resultados de ensaios realizados com base nos procedimentos recomendados pelas versões anteriores da ANSI.

Uma norma que possa reproduzir, em laboratório, os resultados encontrados em campo, ou ao menos encontrar resultados que possam ser comparados com os resultados de campo é uma necessidade. Porém, não apenas a norma é uma necessidade, como também o é a garantia do cumprimento dos seus requerimentos. Essa é uma das razões para a criação de programas de credenciamento de laboratórios.

O Certificado de credenciamento é uma garantia de qualidade de serviços. Um laboratório ou qualquer outro tipo de empresa ou instituição, que possui um certificado de credenciamento é considerado como um centro de qualidade, em que as atividades são realizadas de acordo com todas as exigências necessárias, tanto das normas utilizadas, quanto das normas gerais de qualidade e gerenciamento, pelos quais a entidade foi credenciada.

Nos Estados Unidos da América, existem alguns poucos laboratórios de medição de atenuação dos protetores auditivos credenciados pelo NVLAP (Programa Nacional de Credenciamento Voluntário de Laboratórios). No Brasil, ainda não existe nenhum laboratório credenciado junto ao INMETRO (Agência

brasileira de credenciamento) nessa área. Essa ausência de um laboratório credenciado no Brasil é uma ameaça a saúde dos trabalhadores e cidadãos brasileiros expostos a altos níveis de ruído.

No Brasil existe apenas um laboratório com toda a estrutura necessária para realizar ensaios de protetores auditivos de acordo com os requerimentos da ANSI S12.6 – 1997, método B. O LARI (Laboratório de Ruído Industrial) está situado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e vinculado ao Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA). Apesar de não ser ainda credenciado pelo INMETRO, o LARI possui credenciamento pelo MTE e já está realizando ensaios de PA desde 1999, ano de sua inauguração.

Esse trabalho tem como objetivo demonstrar a importância do LARI e comparar sua situação com um laboratório similar, situado nos Estados Unidos da América (USA), o ASL (Auditory and Systems Laboratory), também é situado em uma universidade, a Universidade da Virginia Tech (VATech). O ASL é um laboratório de Ensaios de Protetores Auditivos que funciona como uma instituição não privada, ligada à universidade, mas com autonomia sobre os serviços prestados a comunidade.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Geral**

Comparar as instalações, os equipamentos e os custos de criação de um laboratório credenciado para ensaios de atenuação de ruído de protetores auditivos de acordo com a nova norma ANSI S12.6 – 1997.

### **1.3.2. Específicos**

- Comparação da regulamentação em protetores auditivos no Brasil e nos Estados Unidos;
- Identificação das agências governamentais ou não, responsáveis por PA e dos requerimentos obrigatórios principais;
- Revisão da literatura a respeito da Norma ANSI S12.6 – 1997 e comparação dos resultados com os resultados de campo e com os resultados de outros métodos de medição laboratorial;
- Identificação do Processo de credenciamento de laboratórios e suas vantagens em termos de qualidade de serviços prestados;
- Coleta dos dados de custos do ASL e LARI, referentes à instalação, e manutenção dos serviços;
- Comparação de custos entre os dois laboratórios.

### **1.4. DELIMITAÇÃO DO TRABALHO**

O presente trabalho tem como objetivo estudar e identificar os atuais custos do LARI (UFSC) e ASL (VT) para realizar ensaios de atenuação de ruído obtida por protetores auditivos de acordo com os requerimentos da Norma ANSI S12.6 – 1997. Não é intenção deste trabalho desenvolver um sistema de custos para estes laboratórios ou explorar diferentes tipos de serviços que possam vir a ser realizados pelos mesmos.

Além disso, não haverá nenhuma medição prática de atenuação de ruído de protetores auditivos. Todas as comparações apresentadas serão

realizadas com base em dados obtidos através da revisão bibliográfica, em protetores, auditivos existente.

A principal contribuição do trabalho será demonstrar a importância deste tipo de laboratório, especialmente no Brasil, e incentivar a sua existência.

### **1.5. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho é composto de seis capítulos, sendo que no primeiro capítulo são apresentadas a introdução e justificativa da pesquisa, além dos objetivos e metodologia utilizada. No segundo capítulo é apresentada revisão do Sistema Auditivo e também de Protetores Auditivos. No terceiro capítulo é apresentada revisão da regulamentação em protetores auditivos. O quarto capítulo é composto de revisão de processos e sistemas de credenciamento, bem como sua importância na qualidade dos serviços dos laboratórios credenciados. E no quinto capítulo é apresentada a análise de comparação de custos entre os dois laboratórios. E finalmente, no capítulo seis são apresentadas as conclusões e recomendações.

## **2 – PROTETORES AUDITIVOS**

### **2.1. INTRODUÇÃO**

O ruído tem sido considerado como um dos principais problemas do mundo moderno. Todos vêm sofrendo com problemas de ruído, que podem surgir em todos os níveis de atividades: nas atividades de lazer, no trabalho, em qualquer lugar. De fato atualmente tem sido difícil encontrar um minuto de silêncio, especialmente para pessoas que vivem em grandes cidades. O ruído ocupacional é, dentre todos, o mais preocupante. De acordo com a publicação mais recente da NIOSH, mais de cinco milhões de trabalhadores nos EUA estão expostos a níveis de ruído perigosos à saúde, (BERGER, 2000)[2].

Neste capítulo encontra-se uma descrição do Sistema Auditivo e dos problemas associados à exposição a altos níveis de ruído. Além disso, será apresentado o Protetor Auditivo (PA), suas características e suas possíveis falhas e as razões para considera-lo uma solução plausível para o problema de ruído. Ainda neste capítulo será apresentada uma descrição da norma ANSI S12.6 – 1997 método B, de medição de atenuação de protetores auditivos.

### **2.2. O SISTEMA AUDITIVO**

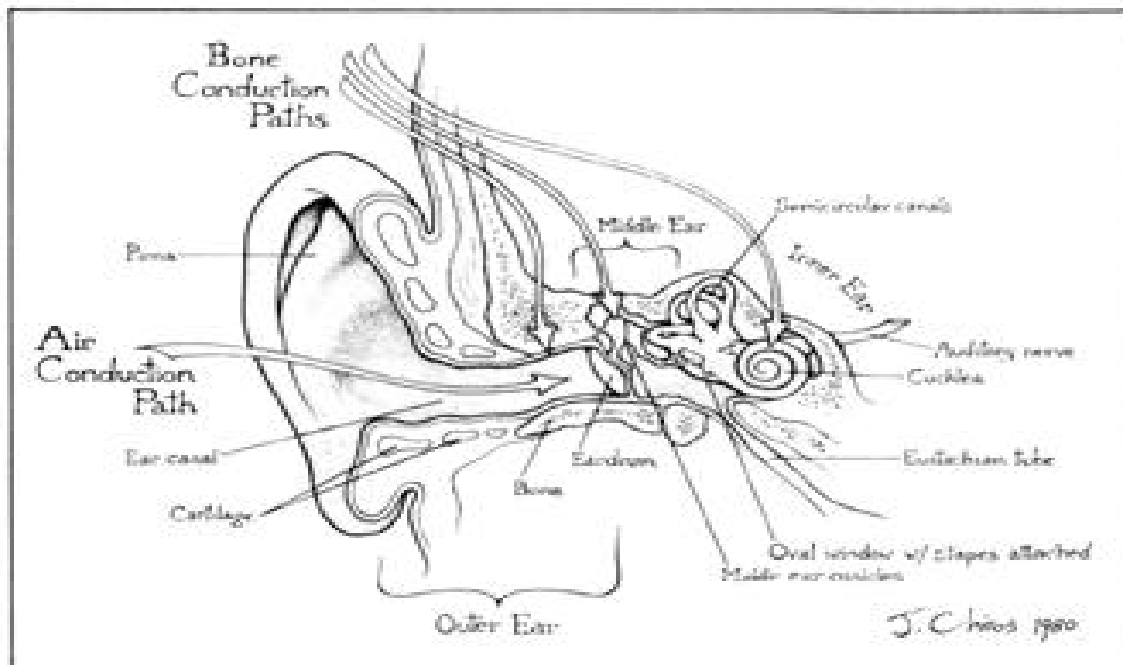
O sistema auditivo é composto basicamente por três partes: a orelha externa, a orelha média e a orelha interna. Cada uma destas partes e suas funções serão apresentadas a seguir:

- *A orelha externa:* também pode ser dividida em três partes. A primeira sendo o pavilhão auditivo, que é à parte do sistema auditivo que podemos ver do lado de fora da cabeça e que normalmente chamamos de orelha. A próxima parte é o canal auditivo e a última parte é o tímpano (também conhecido como membrana timpânica). O pavilhão auditivo recebe as ondas sonoras que atravessam o canal auditivo até o tímpano, fazendo com que este vibre (GERGES, 2000)[1].

- *A orelha média:* cuja principal função é transmitir as vibrações acústicas para a orelha interna funciona como um amplificador sonoro, aumentando as vibrações que vem do tímpano. É uma cavidade cheia de ar e o mecanismo que transmite os movimentos vibratórios até a orelha interna é chamada cadeia ossicular, sendo composto de três ossículos, o martelo, que é ligado ao tímpano, o estribo e a bigorna que é ligada a janela oval e serve como entrada para a cóclea, dentro da orelha interna. Além disso, a orelha média tem um mecanismo de equilíbrio de pressão chamado tubo de eustáquio, que a conecta com a garganta e a boca.

- *A orelha interna:* A cóclea captura as vibrações do tímpano através dos ossículos da orelha média e as transmite até o nervo auditivo para o cérebro. Ela é um órgão em forma de caracol e cheia de fluido orgânico.

Figura 2.1: Sistema Auditivo



Fonte: BERGER, 1980 [3]

A audição ocorre com o movimento das ondas sonoras da orelha externa até o tímpano. Essas vibrações são então transferidas para a cadeia ossicular onde são amplificadas. As vibrações geram ondas de pressão que se propagam até a cóclea, pelo tubo superior, fazendo com que as paredes finas da cóclea vibrem também. Estas vibrações estimulam a produção de sinais elétricos que são transmitidos pelo nervo auditivo até o cérebro.

### 2.3. RUÍDO E PERDA AUDITIVA

O sistema auditivo é muito complexo e sensível e ainda não foi completamente entendido pela ciência. Porém, é de conhecimento geral que a exposição prolongada a níveis excessivos de ruído pode ocasionar perda auditiva. Os problemas relativos à exposição a altos níveis de ruído podem ser divididos em

três categorias: Trauma Acústico, Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR), e Perda Auditiva Permanente Induzida Por ruído (PAPIR).

Para entender a perda auditiva induzida por exposição prolongada a ruído elevado, deve-se ter em mente o conceito de limiar auditivo. Segundo HARRIS, 1991 [4], para um determinado ouvinte, o limiar auditivo é o nível mínimo de pressão sonora, de um som específico, que é capaz de provocar uma sensação auditiva, sendo que o som que alcança a orelha por diferentes caminhos é considerado negligenciável. A perda auditiva é definida como a diferença entre o limiar de audição medido antes e depois da exposição ao ruído.

### **2.3.1. Perda Auditiva Induzida por Ruído(PAIR)**

Pode ser definida como um aumento do nível auditivo, que significa uma perda da sensibilidade auditiva, caracterizada após uma exposição à ruído elevado. Nos casos de perda auditiva temporária esta é reversível, condicionada ao afastamento da pessoa do ambiente ruidoso.

### **2.3.1. Perda Auditiva Permanente Induzida por Ruído (PAPIR)**

Neste caso, a perda auditiva não é reversível, permanecendo para o resto da vida do indivíduo afetado. Este tipo de perda auditiva pode ocorrer através de um trauma acústico ou por exposição contínua a níveis de ruído excessivos, sem proteção adequada.



### **2.3.3. Comentários**

A audição é fundamental para a fala, comunicação e socialização em geral. A habilidade de ouvir é, inegavelmente, uma chave para importantes aspectos do cotidiano, desde a comunicação com colegas de trabalho, família e amigos; os momentos de relaxamento e apreciação; até os sinais de alerta e outros tipos de sinais BERGER, 2000 [2]. As duas formas de perda auditiva descrita anteriormente podem interferir na habilidade de comunicação de tal forma que isolam a pessoa afetada de seus amigos, família, colegas de trabalho e diminuem sua capacidade de trabalho em grupo.

A perda auditiva por exposição a ruído tem várias características que a situam como uma ameaça a saúde. Seu efeito é de natureza cumulativa e a pessoa afetada muitas vezes só percebe o problema quando seus danos já são irreversíveis. CASALI, 1986 [5].

Além disso, existem vários efeitos da exposição ao ruído que não são apenas perda auditiva, e em muitos casos nem considerados com a seriedade que merecem. Segundo BERGER 2000[2], trabalhadores desprotegidos em ambientes ruidosos sofrem mais acidentes, são menos produtivos e, em geral, experimentam mais problemas do que aqueles com menos exposição a ruído.

Os efeitos da exposição ao ruído podem facilmente ser confundidos com a pressão que normalmente se enfrenta no ambiente de trabalho. Esta é uma das características perigosas do problema. A perda auditiva e outros problemas relacionados ao ruído não vem geralmente acompanhadas de um acidente e,

portanto, tendem a ser negligenciadas, muitas vezes inclusive pela pessoa afetada.

## **2.4 PROTETORES AUDITIVOS (PA)**

O controle de ruído na fonte é recomendado como a principal medida a ser tomada em casos de problemas de ruído. Porém o controle na fonte, não está sempre disponível ou é viável economicamente. Nestes casos, o uso de PA é geralmente, a solução paliativa mais conveniente. Porém, muitos aspectos relativos ao uso de protetores auditivos ainda estão sendo discutidos. É de conhecimento público que o protetor auditivo sozinho não irá resolver o problema, sendo sempre necessária a criação de um Programa de Conservação Auditiva (PCA), que treina os usuários na colocação do PA, além de motiva-los quanto a importância do seu uso adequado.

Além disso, a qualidade dos PA tem sido alvo de vários estudos nos dias de hoje, como fator importante no combate ao ruído. A atenuação dos protetores auditivos é outro campo de pesquisas que vem sendo amplamente explorado ultimamente. Muitos pesquisadores estão descobrindo que os resultados de atenuação de protetores auditivos encontrados em medições laboratoriais tendem a superestimar a performance dos protetores auditivos obtida em campo. Apesar de o ideal ser alcançar os resultados de laboratório em campo, a realidade mostra que as medições realizadas em laboratório tendem a simular condições ideais de uso, que nunca serão obtidas em campo. Uma solução encontrada para este problema foi a criação de um novo protocolo de medição de atenuação em laboratório, cujas condições sejam

mais parecidas com aquelas encontradas em campo, e desta forma, encontrar resultados mais próximos daqueles encontrados em campo.

#### **2.4.1 Características dos Protetores Auditivos**

Os danos à audição geralmente acontecem na orelha interna. Neste caso, o protetor auditivo funciona como uma barreira que protege esta parte do sistema auditivo contra ruído excessivo. O funcionamento do protetor depende das suas próprias características e também da fisiologia do usuário e de suas características anatômicas. Alguém usando protetor auditivo pode receber a energia sonora por quatro diferentes caminhos (GERGES, 2000)[1]:

- Transmissão pelos ossos e tecidos: Apenas a energia acústica que é transmitida pelo ar é atenuada pelo uso de protetores auditivos. A parte que é transmitida pelos ossos e tecidos não é afetada, continuando a incidir sobre o indivíduo;
- Vibração do próprio protetor: Tanto os protetores auditivos do tipo concha, quanto os do tipo plug, devido a flexibilidade do material com o qual estão em contato, podem vibrar. Nestes casos, existe a possibilidade da criação de um sistema de massas com o ar contido na concha (no caso das conchas) que pode gerar vibrações, tornando sua atenuação limitada.
- Transmissão através do material do protetor: O coeficiente de transmissão sonora do material utilizado na confecção do protetor pode ser mais um fator limitante de sua atenuação.

- Vazamento dos protetores: O ajustamento do protetor auditivo à orelha é também um fator muito importante para sua atenuação, desde que deste ajustamento depende a não existência de vazamentos. Nos casos de protetores tipo inserção o vazamento depende do ajustamento do protetor ao canal auditivo. O vazamento aéreo pode reduzir a atenuação dos protetores de 5 a 15 dB, o que faz com que o ajustamento seja um fator muito importante.

Considerando essas quatro possibilidades de diminuição da atenuação, mesmo os melhores protetores podem apresentar limitações em sua performance.

#### **2.4.2. Possibilidades de Falhas nos Protetores Auditivos**

Independente de todas as pesquisas realizadas na área de protetores auditivos, eles ainda apresentam problemas na performance esperada quando se trata do mundo real. Este é um dos maiores problemas que a comunidade científica vem tentando resolver nas últimas duas décadas.

De acordo com CASALI 1986 [5] talvez um dos fatores mais significante, em ergonomia, que afetam o desempenho dos protetores auditivos seja a colocação e ajustamento dos mesmos de forma a se obter uma vedação acústica adequada. BERGER 1980 [3] apontou vários fatores que podem atrapalhar na obtenção da atenuação adequada:

- *Conforto*: de forma a estar bem colocado e vedado, tanto plugues quanto conchas devem ser colocados fortemente ligados a orelha, muitas vezes sendo pressionados contra a cabeça ou o canal auditivo. Estas posições,

não podem ser consideradas propriamente sinônimos de conforto. A oportunidade de escolher entre vários modelos e tamanhos de protetores auditivos pode diminuir o desconforto dos usuários e, por conseguinte aumentar sua eficiência.

- *Utilização correta:* a ausência de motivação, a sensação de desconforto e a falta de treinamento adequado podem causar baixa performance.
- *Colocação:* a escolha do tamanho correto pode ser de grande influência no desempenho do protetor. Devem existir vários tamanhos disponíveis para a escolha do usuário.
- *Compatibilidade:* a compatibilidade do protetor com as características do usuário, tais como, tamanho da cabeça, forma do canal auditivo e tipos de atividades a serem realizadas durante a jornada de trabalho também podem influenciar o desempenho do PA.
- *Reajustamento:* o protetor auditivo será utilizado durante atividades diversas, como por exemplo: ao comer, falar, caminhar entre outras. Essas atividades podem quebrar a vedação inicial obtida, diminuindo a performance do mesmo.
- *Deterioração:* todo o protetor auditivo tem um tempo de vida que pode variar com sua utilização, além disso, eles podem ser deteriorados de várias formas. É importante o estabelecimento de inspeções que substituam imediatamente o protetor deteriorado.

- *Abuso*: Mudanças na forma original do protetor podem afetar seu desempenho. Muitos trabalhadores, devido ao desconforto, tendem a tentar adaptar o PA.

## **2.5. ATENUAÇÃO DO PROTETOR AUDITIVO**

De acordo com BERGER 1986 [6] existem vários diferentes métodos de medição da atenuação dos protetores auditivos. Estes métodos podem ser divididos em duas categorias: métodos objetivos e métodos subjetivos. Atualmente o método mais comum para medição da atenuação dos protetores auditivos é o REAT (Real Ear Attenuation at Threshold), que é basicamente a medição do limiar de audição de um ouvinte sem a utilização de protetor auditivo (limiar aberto) e a medição novamente com o uso de protetor auditivo (limiar fechado). A diferença entre as duas medições é a atenuação obtida pelo protetor. Este é considerado um método subjetivo pois se utiliza ser humano nos ensaios.

Normalmente, os procedimentos de medições realizados em laboratório tem o intuito de obter os melhores níveis de atenuação possíveis, que geralmente são alcançados, dados as condições ideais características de um ambiente laboratorial. Além disso, a duração dos ensaios laboratoriais é mais curta, quando comparada com a duração da jornada de trabalho. Outro fator importante, é a motivação do ouvinte. Nos ensaios laboratoriais, os ouvintes participantes, são pessoas extremamente motivadas para obter os melhores resultados possíveis, neste sentido, os resultados laboratoriais geralmente são muito elevados quando comparados com os de campo, como pode ser

observado na figura 1a e 1b, onde os resultados de campo estão bem abaixo dos apresentados pelos laboratórios.

No ambiente de trabalho, com uma longa jornada e possibilidades de falhas por vários motivos, a performance do Protetor Auditivo apresenta-se abaixo daquela encontrada para os mesmos protetores quando ensaiados em laboratórios. Durante muito tempo, esta situação havia sido observada pelos pesquisadores. Porém, as soluções propostas estavam sempre relacionadas com a melhoria das instruções e do esclarecimento sobre a utilização dos protetores, através de Programas de Conservação da audição (PCA), que ajudassem na motivação dos usuários. Todavia, mesmo em um ambiente de trabalho com um PCA ativo e usuários conscientes da necessidade de utilização correta dos protetores os resultados obtidos em campo ainda estão abaixo dos obtidos em laboratório, já que as condições de utilização ainda são bastante diferentes.

FIGURA 2.2a: Comparação dos resultados de atenuação de protetores tipo concha medidos em campo e em laboratório<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> FONTE: BERGER, 1988[7]"Can Hearing Protection Attenuation be Estimated in the Real World"

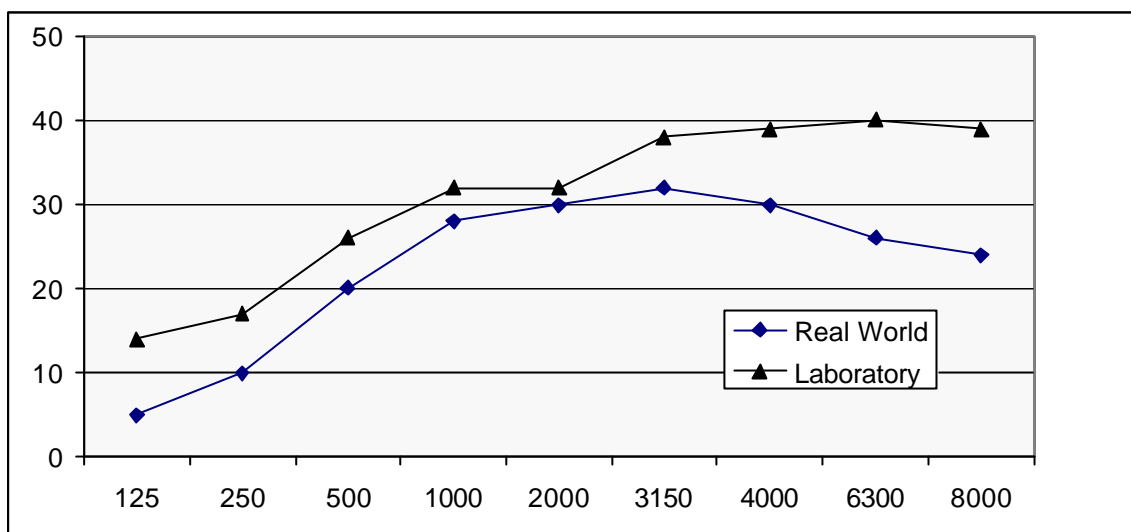
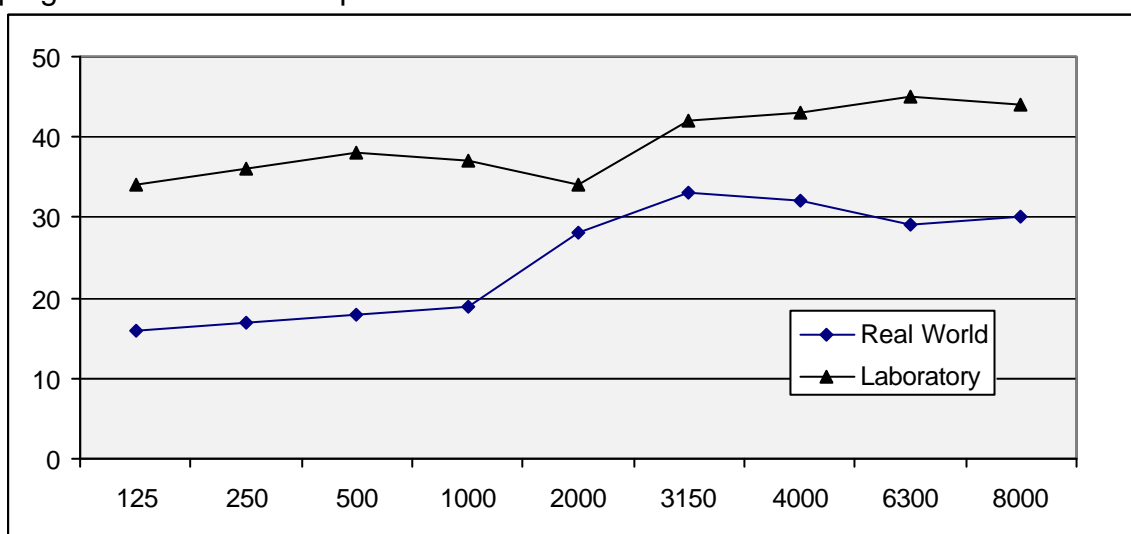


FIGURA 2.2b: Comparação dos resultados de atenuação de protetores tipo plugue medidos em campo e em laboratório.<sup>4</sup>



Os resultados de campo estão abaixo dos resultados de laboratório em todas as freqüências de análise, em ambos os casos, plugue e concha. No caso dos plugues, as discrepâncias são ainda maiores do que no caso dos modelos tipo

<sup>4</sup> FONTE; BERGER, 1988[7]"Can Hearing Protection Attenuation be Estimated in the Real World



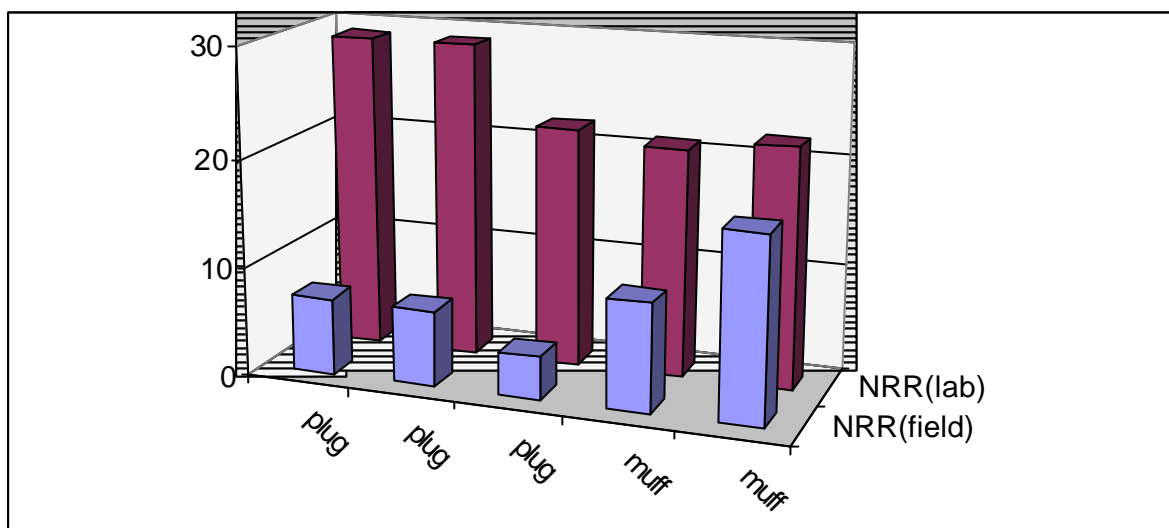
concha. Considerando que as informações de atenuação que são fornecidas pelos laboratórios são aquelas que serão utilizadas para a seleção e compra do protetor adequado, os usuários de protetores estão comprando uma atenuação que na realidade não será obtida. Consequentemente, a saúde e a segurança dos trabalhadores está sendo ameaçada, sem que os empregados e mesmo os empregadores percebam, pois estão sentindo-se seguros dadas as informações obtidas na compra dos protetores.

### **2.5.1. ANSI S 12.6 – 1997 – Método B.**

A nova ANSI S12.6 – 1997 foi desenvolvida pelo Grupo de Trabalho 11, Comitê de Normas Credenciadas S12-Ruído, da ANSI. Seus resultados foram demonstrados nas publicações de BERGER, 1998 [8] e ROYSTER, 1996 [9].

A necessidade deste novo método veio de diferentes pesquisas que mostraram diferenças entre os resultados de campo e laboratório, como os seguintes trabalhos: BEHAR, 1984 [10]; BERGER, 1980 [3]; ALBERTI, 1979 [11]. As diferenças apontadas nos trabalhos citados eram relativas ao nível de instrução na colocação; utilização correta do protetor e no tipo de atividades realizadas pelo usuário, CASALI, 1986 [5].

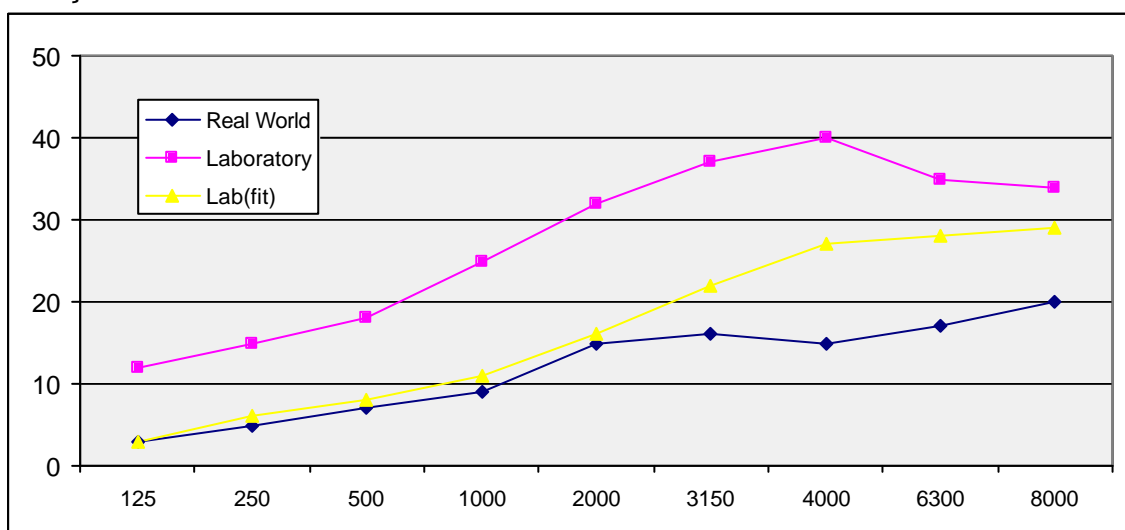
FIGURA 2.3: Comparação entre resultados de campo e laboratoriais para NRR (Nível de Redução de Ruído) para cinco protetores auditivos de diferentes tipos.



FONTE: BEHAR [10]

A Figura 2.3 acima é o resultado dos trabalhos de BERGER relativos a performance dos protetores auditivos no ambiente industrial, ou seja, em campo, comparados com os resultados de laboratório publicados pela NIOSH. Está claro as discrepâncias entre ambos os resultados.

FIGURE 2.4: Dados de atenuação para Concha de acordo com informações fornecidas pelo fabricante, resultados medidos em campo e resultados de medições laboratoriais.



FONTE: BERGER, Earlog 5 [3]

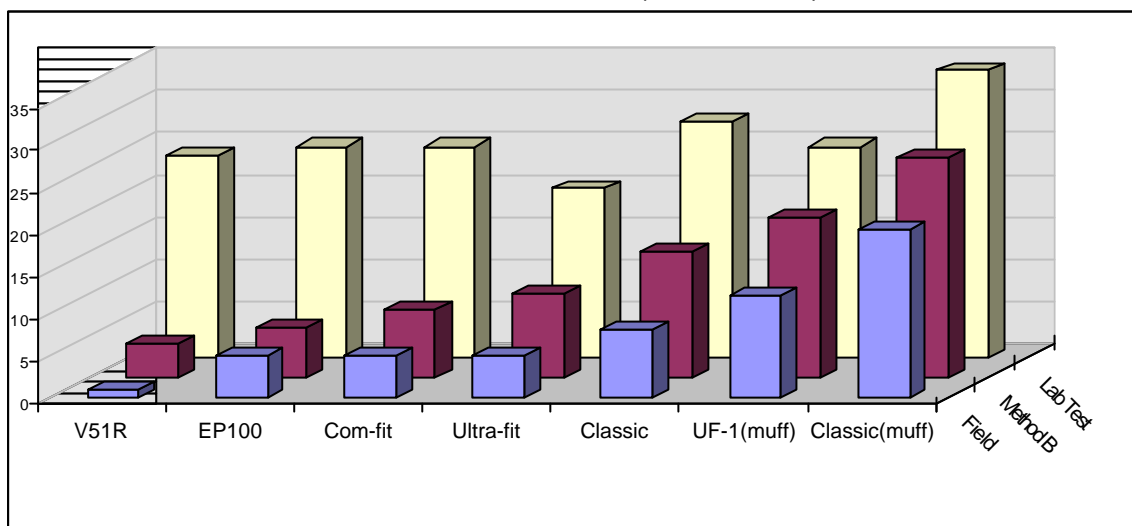
A nova versão da ANSI apresenta dois diferentes métodos de medição de atenuação de protetores auditivos. Método A, que é praticamente o mesmo da versão anterior da norma (ANSI S 12.6 – 1984), e método B. Neste método os requerimentos eletroacústicos e psicoacústicos são os mesmos requeridos para os procedimentos da ANSI S12.6 – 1984. A diferença mais importante está na forma de seleção e treinamento dos ouvintes. Os participantes dos ensaios do método B, devem ser completamente leigos no que diz respeito a protetores auditivos e a colocação do protetor é de responsabilidade do ouvinte. O experimentador está proibido de fornecer qualquer instrução aos ouvintes além daquelas fornecidas pelos fabricantes na embalagem do protetor a ser testado. Nenhum dos ouvintes deve ser excluído do ensaio por não obter uma boa colocação para o protetor.

Na versão anterior da norma os ouvintes eram bem treinados e motivados para alcançar os melhores resultados possíveis de atenuação durante o teste. O experimentador era responsável por checar a colocação do protetor e o ouvinte, que por qualquer razão, não conseguisse obter uma boa colocação do protetor era deveria ser relatado nos ensaios, porém não incluso nos resultados de medição.

Os resultados obtidos pelo método B (colocação pelo ouvinte) são muito próximos aos resultados obtidos em campo, como pode ser observado na Figura 2.4. É importante perceber que as diferenças técnicas entre os dois métodos são pequenas, tornando possível a utilização do método B como uma rotina de medição de atenuação de protetores auditivos tão facilmente como

tem sido a utilização do método A, com resultados mais realistas e consequentemente com maior credibilidade.

Figure 2.5: Comparação entre dados dos rótulos de protetores auditivos (ANSI S3.19) com dados de performance em campo e também com dados de resultados laboratoriais utilizando o método B (ANSI S12.6).

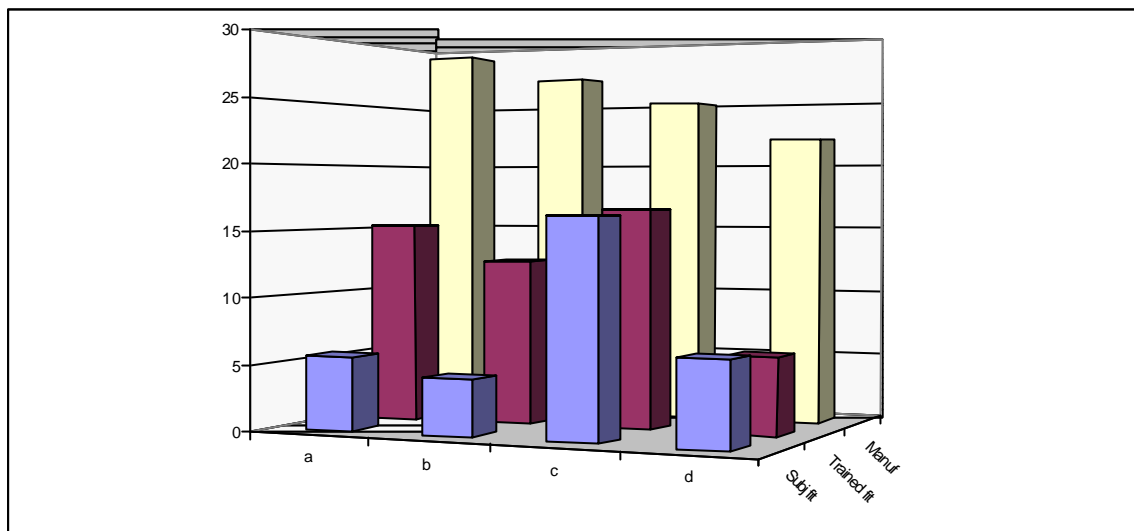


OBS: Os dados rotulados foram computados com 2 (DP) de correção e o método B apresenta dados de NRR(sf) computados com 1 DP de correção representando 84% dos usuários.

FONTE: BERGER, Earlog 21 – 1999 [12]

Na figura 2.5 podem ser observadas grandes diferenças entre os resultados rotulados e os resultados de campo. Também pode ser observado que os resultados do Método B são muito próximos dos resultados de campo. Novamente pode ser observado que os protetores tipo plugue apresentam diferenças maiores do que os protetores tipo concha, além de sua atenuação ser menor em ambas as situações.

FIGURA 2.6: Resultados de NRRs apresentados pelos fabricantes comparados com os resultados de NRR calculados através de dados de atenuação obtidos no campo em duas condições de colocação diferentes.



FONTE: CASALI, 1991 [13]

### 2.5.2. O NRRsf – Colocação pelo ouvinte

Para a nova versão da ANSI S12.6, Método B, um novo método de cálculo do número único de atenuação foi desenvolvido. Ele é baseado no cálculo do NRR, porém, incorporando apenas um desvio padrão, ao invés de dois e dispensando a subtração de 3 dBs no final. Este cálculo é baseado na ISO 4869-2 e abrange um nível de proteção de 84% dos usuários.

### 2.5.3. A contradição do NRR

A utilização do NRR tem sido discutida anteriormente ao desenvolvimento da nova ANSI, método B. O poder que o número único (NRR) vem obtendo tem tornado a comunidade científica apreensiva. Muitas vezes, o único parâmetro utilizado para a compra de protetores auditivos é o NRR apresentado no rótulo do produto pelos fabricantes. Existem várias tentativas

para modificar essa situação, porém até o presente momento, nada foi realizado concretamente.

## **2.6 – Conclusão**

O Brasil ainda não possui sua própria norma para procedimento de medição de atenuação de ruído de protetores auditivos. Porém, existe um Grupo de Trabalho (GT-32) responsável pelo desenvolvimento de uma norma Brasileira neste campo de atuação. A norma brasileira também será baseada na ANSI S12.6, método B, de 1997. Enquanto a versão final da norma brasileira não estiver completa, o MTE, que é a agência governamental brasileira responsável por protetores auditivo recomenda o uso da ANSI S12.6 – 1997, como procedimento ideal para medições de atenuação de protetores auditivos.

Os protetores auditivos são equipamentos de proteção individual muito importantes para a saúde dos trabalhadores. Qualquer tentativa de melhorar sua qualidade, significa melhoria na qualidade de vida dos trabalhadores que se utilizam dele, já que este equipamento é amplamente utilizado como uma solução para exposição ao ruído.

Todos os resultados de pesquisas relativas a nova versão da ANSI demonstram que este é o melhor método de quantificação dos resultados de atenuação de protetores auditivos, para comparação com os resultados do ambiente de trabalho. Porém a metodologia utilizada anteriormente não pode ser renegada ou esquecida completamente, já que seus resultados podem ser

de grande ajuda para o desenvolvimento de novos equipamentos e a melhoria dos equipamentos existentes.

A ANSI S12.6 – 1997, método B é altamente recomendada como melhor método estabelecido, até o momento, para medição de atenuação de ruído de protetores auditivos. É visível, de acordo com os trabalhos publicados, que este novo método pode ser um poderoso equipamento para ajudar a proteger a saúde auditiva dos trabalhadores industriais, e da comunidade em geral, dos efeitos nocivos do ruído.

### **3. REGULAMENTAÇÃO EM PROTETORES AUDITIVOS**

#### **3.1. Introdução**

Neste capítulo será apresentada uma revisão da regulamentação em protetores auditivos no Brasil e nos Estados Unidos. Em ambos os países o uso de protetores auditivos é requerido quando a exposição ao ruído excede os níveis máximos permitidos e não é possível implementar soluções de controle de ruído na fonte. A regulamentação em ambos os países e as agências governamentais responsáveis por esta regulamentação e controle serão apresentadas a seguir.

#### **3.2. Regulamentação Brasileira**

O MTE (Ministério do Trabalho e do Emprego) é a agência governamental Brasileira responsável pela regulamentação em Protetores Auditivos – PA. Além disso, o MTE é responsável pela vigilância no cumprimento das regulamentações a respeito de segurança do trabalho, que incluem PA, e também pelos casos de processos de trabalhadores atingidos ou vítimas dos efeitos nocivos do ruído excessivo. O MTE possui uma série de Normas Regulamentadoras – NR, que são relativas a saúde e segurança do trabalhador no ambiente de trabalho. A NR 6 contém regulamentação específica a respeito de Equipamentos de Proteção Individual – EPI, incluindo protetores auditivos.



### 3.2.1. Norma Regulamentadora- NR 6

A NR 6 afirma que equipamento de proteção individual (EPI) são todos os equipamentos de uso pessoal, fabricados no Brasil ou no exterior, usados para garantir a saúde e segurança dos trabalhadores. Os empregadores devem providenciar EPI a seus funcionários sempre que as seguintes situações ocorrerem:

- sempre que ações coletivas para proteção do grupo de trabalhadores não estejam tecnicamente disponíveis ou não sejam suficientes para garantir a segurança dos trabalhadores;
- enquanto as ações coletivas estão sendo tomadas;
- para ajudar em situações de emergência.

Segundo a NR 6, Protetores Auditivos devem ser disponibilizados aos funcionários expostos a níveis de ruído acima do disposto no Apêndice 1 da NR 15 – Atividades e Operações Insalubres – Tabela 1 – Limites de exposição ao ruído intermitentes, reproduzida abaixo.

TABELA 3.1: Níveis permitidos de exposição ao ruído [15]

<b>Nível de Ruído dB</b>	<b>Máxima exposição diária permitida</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas

93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora and 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos

- O nível de ruído deve ser medido em dB com equipamento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação A. As medições devem ser realizadas perto da orelha dos trabalhadores.
- Para níveis de exposição entre os valores especificados na tabela, deverá ser considerado o máximo valor permitido por dia relativo ao valor imediatamente maior na tabela.
- Para exposição a diferentes níveis de ruído durante um dia de trabalho, deverá ser considerado o efeito combinado, sendo que se a soma das seguintes frações exceder a fração unitária, a exposição estará acima do nível permitido.

$$\frac{c_1}{t_1} + \frac{c_2}{t_2} + \frac{c_3}{t_3} + \dots + \frac{c_n}{t_n} \quad (3.1)$$

Onde  $c_n$  é o tempo total de exposição a um nível de ruído  $n$ , durante o dia.

$t_n$  é o tempo máximo de exposição permitido para este nível.

- Atividades que podem expor o empregado a níveis acima de 115 dB (A) são proibidas sem proteção adequada. Estas atividades podem ser seriamente perigosas para a saúde do trabalhador.

As recomendações a respeito do melhor equipamento de proteção individual existente, para cada tipo de atividade, é de responsabilidade do SEESMT (Serviço Especializado em Engenharia, Segurança e Medicina do Trabalho) e também da CIPA ( Comissão Interna de Prevenção de Acidentes). Estas organizações devem ser criadas em todas as indústrias que estão sob a regulamentação da CLT ( Consolidação das Leis Trabalhistas) ou em Agências governamentais de qualquer nível.

As obrigações do empregador com os seus funcionários são as seguintes:

- Providenciar o protetor que melhor se enquadra nas atividades do trabalhador;
- Providenciar protetores com o Certificado de Aprovação (CA);
- Treinar os trabalhadores no uso apropriado do protetor;
- Garantir o uso correto e contínuo do protetor;
- Substituir o equipamento, imediatamente, em caso de danos ou perda;
- Entrar em contato com o MTE imediatamente em caso de alguma irregularidade com o equipamento;

As obrigações dos trabalhadores são as seguintes:

- Usar o equipamento somente para seus predeterminados fins;
- Ser responsável pelo armazenamento e conservação do seu equipamento;
- Entrar em contato com o empregador em caso de qualquer alteração no equipamento que comprometa sua utilização.

### **3.2.2. Certificado de Aprovação – CA [16]**

Segundo a regulamentação do MTE, um PA apenas poderá ser vendido nacionalmente após obter o Certificado de Aprovação (CA). Existem alguns passos burocráticos na obtenção do CA. O mais importante, no entanto, é a apresentação dos resultados de ensaios de medições de atenuação, que devem ser realizados por um laboratório credenciado, e entregues ao MTE como parte seletiva do processo de obtenção do CA.

O Brasil até pouco tempo atrás não possuía nenhum laboratório credenciado pelo MTE para realizar este tipo de ensaio. Devido a essa lacuna, o MTE aceita, também, um termo de responsabilidade assinado pelo fabricante ou importador do produto, atestando seus valores de atenuação.

Portanto, atualmente existem dois tipos de CA, sendo que a diferença entre eles é o prazo de validade. O CA terá um ano de validade, se for emitido com base apenas no termo de compromisso do fabricante. No caso de CA emitido com base em laudo técnico de ensaio realizado em laboratórios credenciados, a validade é de 5 anos. O termo de responsabilidade vem sendo aceito pelo MTE apenas como uma solução temporária, devido à inexistência de laboratórios devidamente credenciados. Porém sua aceitação cria um certo risco a saúde dos trabalhadores, já que a real capacidade de atenuação dos protetores não está sendo quantificada como deveria ser.

As obrigações dos fabricantes/importadores é de vender equipamentos que possuem CA, renovar o CA sempre nas datas corretas e solicitar um novo

CA sempre que o equipamento sofrer algum tipo de alteração em suas especificações.

### **3.3. Regulamentações nos Estados Unidos**

Nos Estados Unidos existem várias organizações responsáveis por proteção ambiental e saúde e segurança do trabalho e da população em geral. A EPA<sup>5</sup> (Agência de Proteção Ambiental) através de seus Rótulos para produtos ruidosos ou de proteção ao ruído, regulamenta a distribuição dos PA nos Estados Unidos. Ao contrário do Brasil, nos EUA, o requerimento para a venda dos PA é seu rótulo. Além da EPA, existe a OSHA<sup>6</sup> (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional), uma das principais agências relacionadas a saúde e segurança, que inclui ruído ocupacional. Enquanto a EPA é responsável pelo controle de qualidade do PA, OSHA é responsável pela criação e cumprimento de leis de segurança.

#### **2.3.1. Agência de Proteção Ambiental (EPA)**

O programa de rótulos de produtos de ruído, na sua Sub-parte B, relativa a protetores auditivos é responsável por todos os protetores auditivos manufaturados e distribuídos no mercado Americano. É responsabilidade da EPA investigar e controlar os fabricantes de PA em suas instalações e

---

<sup>5</sup> Environmental Protective Agency

<sup>6</sup> Occupational Safety and Health Administration

ambientes de ensaio dos PA, garantindo que as operações estão de acordo com os seus requerimentos.

### **2.3.2. Programa de Rótulos de Produtos de Ruído**

A parte 211 do Ato de Ruído, denominada Programa de Rótulos de Produtos de Ruído é responsável por todos os produtos que emitem ruído ou atenuam ruído fabricados ou distribuídos nos EUA. Sua sub-parte B – Protetores Auditivos, estipula todos os conteúdos dos rótulos de PA e metodologia para medição de atenuação de ruído.

A EPA exige que todo PA manufaturado para ser distribuído nos USA deve ser rotulado até o momento da última compra ou distribuição e deve estar de acordo com todos os requerimentos de rotulação.

As informações obrigatórias para os rótulos são as seguintes:

- Nível de Redução de Ruído, em decibéis, para o modelo de protetor auditivo e a seguinte observação “quando usado apropriadamente”
- A seguinte frase “A escala de redução de ruído para o protetor auditivo existente é aproximadamente de 0 a 30 dB. (Números maiores significam maior eficiência).

Todos os protetores auditivos devem apresentar o rótulo no mesmo formato, conforme figura 3.1, além disso, todos devem apresentar as mesmas informações sobre atenuação, desvio padrão e NRR. O EPA aceita os resultados da ANSI S3.19 – 1974, como os melhores resultados para atenuação de protetores auditivos. Sendo assim, os fabricantes não estão

interessados em mudar a norma recomendada. Especialmente por que a nova versão da norma irá proporcionar NRR (sf), que é usualmente menor em número do que os obtidos através do NRR.

Além dos requerimentos de rótulo, a EPA também tem o direito de inspecionar todas as instalações relacionadas a fabricação de protetores auditivos, incluindo laboratórios onde os ensaios de atenuação são realizados.

FIGURA 3.1: Rótulo de PA nos EUA

NÍVEL DE REDUÇÃO DE RUÍDO	<b>36</b>	Decibéis
Quando usado apropriadamente		
A ESCALA DE REDUÇÃO DE RUÍDO PARA PROTETORES AUDITIVOS EXISTENTES É APROXIMADAMENTE DE 0 ATÉ 30 (NÚMEROS MAIORES SIGNIFICAM MAIOR EFICIÊNCIA)		
EMPRESA ENDEREÇO	NÚMERO	
A Lei Federal proíbe a remoção deste rótulo antes da compra final	<b>EPA</b>	Rótulo Requerido pela U.S. E.P.A. REGULATION 40 CFR PART 211, SUBPART B

### 3.3.1. Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA)

A OSHA é uma divisão do Departamento de Trabalho dos Estados Unidos que é responsável pela administração e cumprimento do Ato de Saúde e Segurança Ocupacional em todos os 50 estados americanos. Incluso no Ato de Saúde e Segurança Ocupacional, está a Regulamentação em exposição

ocupacional ao ruído – CFR 29 – 1910.95, que consiste basicamente em um conjunto de requerimentos relativos a exposição a ruído excessivo.

#### 3.3.1.1. Regulamentação em Exposição Ocupacional ao Ruído

A Regulamentação em exposição ocupacional ao ruído – CFR 29 – 1910.95, determina que proteção contra os efeitos nocivos do ruído deve ser providenciadas quando o nível sonoro exceder aqueles demonstrados na tabela 2.2. abaixo:



TABELA 3.2: NÍVEIS PERMITIDOS DE RUÍDO [18]

Duração por dia (horas)	Nível sonoro (dBA) - Resposta lenta.
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
1/4 ou menos	115

As medições devem ser na escala A do nível sonoro normalizado a uma baixa resposta.

A regulamentação explica que quando os trabalhadores são submetidos a um nível sonoro que exceda aqueles listados na Tabela 2.2, medidas devem ser tomadas no sentido de diminuir o nível sonoro que atinge os trabalhadores coletivamente. Se essas medidas não estão disponíveis, ou levarão um certo tempo para serem implantadas, protetores auditivos devem ser providenciados e utilizados para reduzir o nível sonoro aos limites permitidos, dispostos na tabela 2.2.

#### 3.3.1.2. Protetores Auditivos (PA)

Segundo o CFR 29 – Exposição ao ruído ocupacional, empregadores devem disponibilizar protetores auditivos a todos os seus empregados expostos a uma

jornada de trabalho de 8 horas, com exposição a níveis de ruído iguais ou acima de 85 decibéis, sendo que os custos desta distribuição não devem ser repassados aos trabalhadores. Além disso, os protetores auditivos devem ser substituídos sempre que necessário.

Obrigações do empregador, relativas a protetores auditivos:

- Devem garantir que todos os empregados utilizem protetores auditivos, para reduzir o nível sonoro aos limites permitidos pela tabela 2.2;
- Devem garantir que os protetores auditivos sejam utilizados por todo e qualquer trabalhador que está exposto a uma jornada diária de 8 horas e uma média de 85 decibéis ou mais e que não tenha participado de programa de audiograma.
- Deve ser dada a oportunidade a todos os trabalhadores de escolher, de uma variedade razoável, o protetor que melhor proteção lhe fornecer.
- Além disso, o empregador deve providenciar treinamento no uso dos protetores auditivos e no cuidado com os mesmos;
- Uma colocação adequada, do protetor auditivo, deve ser proporcionada e supervisionada pelo empregador;

### **3.4. Conclusão:**

As regulamentações são bastante similares em ambos os países, principalmente relativos ao nível máximo de exposição ao ruído permitida, e o cálculo do tempo de exposição. Apesar da regulamentação brasileira

apresentar limites mais restritos a manutenção da lei parece mais presente nos EUA do que no Brasil.

Enquanto no Brasil, o MTE é responsável por todas as regulamentações relativas a exposição ao ruído, uso de protetores auditivos, inspeção, e qualquer outro problema relacionado ao tópico, nos EUA existem diferentes agências responsáveis por cada uma destas atividades.

A EPA trabalha para manter e melhorar a qualidade dos protetores auditivos disponíveis no mercado, através de seu programa de rotulação, diretamente com os fabricantes. Ao mesmo tempo, a OSHA trabalha para garantir os direitos e deveres dos trabalhadores e empregadores e regula os limites de exposição ao ruído.

O papel destas organizações no desenvolvimento dos Protetores Auditivos, e na conscientização nacional e internacional da importância do problema de ruído, especialmente para os trabalhadores de indústrias vem sendo bastante importante. Nos EUA a leis e sua manutenção são efetivas e ainda assim existem funcionários trabalhando expostos a níveis de ruído considerados perigosos a saúde BERGER, 2000 [2].

O caso brasileiro é mais preocupante, já que não existe muita informação, especialmente estatísticas, a respeito do problema real do ruído no país. Além disso, o Brasil é um país em que existem muitos pequenos negócios, alguns inclusive não legalizados oficialmente. Muitas das máquinas utilizadas nas fábricas são importadas e já haviam sido utilizadas por um longo tempo nos países desenvolvidos. Essas máquinas são pouco desenvolvidas e

não estão preparadas com os novos avanços em controle de ruído disponíveis atualmente. Ou seja, o cenário torna-se propício ao descaso quanto ao problema de ruído.

## 4. Credenciamento

### 4.1. Introdução

O processo de credenciamento tem sido bem desenvolvido com o passar dos anos, de acordo com WILLIAMS (1999)[19]

*“O credenciamento de laboratórios é um processo bem estabelecido atualmente e pode-se dizer, sem injustiças, teve um impacto benéfico na qualidade dos serviços realizados por laboratórios credenciados”*

Os avanços da globalização, a transformação dos mercados nacionais em mercados globalizados e a união entre grupos de pesquisa ao redor do mundo tem criado a necessidade de harmonização (homogeneização) dos procedimentos laboratoriais para ser possível que os resultados desenvolvidos individualmente sejam comparados entre os vários laboratórios pelo mundo.

Como uma resposta para essas necessidades os avanços no desenvolvimento da ISO (Organização Internacional de Normalização), através de seu ISO/IEC – Guide 25 – 1997 – Testando a Competência dos Laboratórios Credenciados – tem ajudado a distribuir pelos vários países os mesmos conceitos relativos ao credenciamento. Além disso, existe o ILAC, Cooperação Internacional para Credenciamento de Laboratórios, e muitas outras organizações, tentando estabelecer a aceitação internacional de programas de credenciamento, programas de reconhecimento mutuo de

agentes credenciadores e reconhecimento internacional de certificados de credenciamento e agentes de credenciamento.

O objetivo neste capítulo é demonstrar o processo de credenciamento no Brasil e nos EUA, bem como explicar um pouco do processo de credenciamento e a sua importância para a qualidade dos serviços realizados por laboratórios. Além disso, uma revisão da situação dos laboratórios de medições sem PA será apresentada.

## **4.2. Estado da Arte do Credenciamento**

O credenciamento tem como principal objetivo dar ao cliente do laboratório credibilidade nos serviços prestados VILLIAMS, 200 [19]. Muitos países possuem sistemas de credenciamento que incluem uma agência de credenciamento, responsável por credenciar os produtos e serviços dentro do país. Nos EUA o credenciamento é um processo privado e não existe apenas uma agência credenciadora. Ao invés disso, existem muitas agências credenciadoras; que são entidades não governamentais, criadas de acordo com as necessidades da sociedade. Porém, mesmo nesses casos, o governo, através de uma agência reguladora, inspeciona os trabalhos das várias agências credenciadoras no país. Essas entidades credenciadoras podem ser responsáveis por vários ou apenas uma área de credenciamento.

Em muitos países, porém, o credenciamento é um processo acompanhado diretamente pelo governo. No Brasil, existe apenas um organismo credenciador que é responsável por todos os assuntos relativos a

credenciamento e que é subordinado ao governo através de um dos ministérios. De acordo com KOVALENSKY, 2000[20]:

*“Apesar de não ser obvio para um leigo, é fato que a metrologia, ciência das medições, é atualmente um componente chave da infra-estrutura do mundo moderno. É claro que o sucesso econômico de muitas fábricas de várias indústrias está criticamente dependente da qualidade de seus produtos, um requerimento que está altamente vinculado a medições. Na mesma posição o comércio, especialmente o comércio internacional, é baseado em acordos mútuos sobre quantidades específicas de produtos. A vida social é também altamente dependente de medidas acuradas e confiáveis, seja para saúde e segurança que requer dados e diagnósticos confiáveis e tratamento médico eficaz, seja para proteção do meio ambiente contra efeitos destrutivos, de curto e longo prazo, das atividades industriais, agricultura e de transporte.”*

Como uma resposta para essas necessidades, em Novembro de 2000, foi assinado o Acordo Internacional de Reconhecimento Mutuo de Cooperação entre Laboratórios Credenciados (ILAC-MRA) e desde de janeiro de 2001, todos os laudos de calibração e testes realizados por um laboratório integrante do ILAC/MRA serão aceitos por todos os outros integrantes do acordo e vice versa. Isto também significa que produtos testados em um país por um laboratório signatário do ILAC-MRA será mais rapidamente aceito em outros

países signatários do acordo. Este é um passo bastante grande no avanço dos esforços para eliminar a necessidade de novos testes para produtos importados [NVLAP]

Os organismos credenciadores ao redor do mundo, para evitar diferenças técnicas, estão adotando os conceitos e requerimentos baseados no GUIA ISO<sup>7</sup> -, com requerimentos para os principais procedimentos laboratoriais e sistemas de qualidade, que é a principal referência para o caso de laboratórios de ensaio de protetores auditivos.

O uso da ISO/IEC – Guia 25 como uma referência para o credenciamento cria uma homogeneidade entre os procedimentos laboratoriais, facilitando o processo de reconhecimento mútuo dos resultados por vários laboratórios.

#### **4.2.1. Requerimentos Gerais para o Credenciamento de Acordo com a ISO/IEC: Guia 25: 1997.<sup>8</sup>**

O guia determina todos os procedimentos que um laboratório deve alcançar para ser reconhecido como competente para realizar ensaios e/ou calibração, de acordo com métodos normalizados, ou métodos existentes, mas não

---

<sup>7</sup> ISO/IEC 25: 1999 “Requerimentos Gerais para Competência em Laboratórios de Ensaio e Calibração”

<sup>8</sup> Toda esta sessão será baseada no ISO/IEC – Guia 25 – 1997.



normalizados ainda, ou ainda de acordo com métodos desenvolvidos pelo próprio laboratório.

A figura 4.1 apresenta um quadro geral de todos os requerimentos da ISO/IEC Guia 25:1997. Os requerimentos gerais são divididos em duas categorias principais: Requerimentos de Sistema de Gestão e Requerimentos Técnicos. Estes requerimentos tem o objetivo de normalizar as atividades do laboratório.

Do ponto de vista do gerenciamento, o principal requerimento é que o laboratório tenha um Sistema de Gerenciamento de Qualidade, que garanta a organização, gerenciamento, controle de documentação e informações, contato com clientes, e controle de não-conformidades e ações corretivas para qualquer problema possível. O controle de não-conformidades irá criar um processo circular de investigação de problema e causa e corrigi-los na sua raiz, com revisões periódicas para garantir a qualidade dos serviços do laboratório.

Na área técnica, os requerimentos visam promover a credibilidade e confiança nos responsáveis pelo laboratório, evitando a possibilidade de conflitos de interesses. Além disso, eles garantem a manutenção do ambiente de acordo com o escopo de trabalho do laboratório, além da escolha certa da norma para condução dos ensaios e calibrações. A manipulação de material técnico e informações também é normalizada para evitar qualquer interferência possível nos resultados dos ensaios e calibrações.

FIGURA 4.1a: Requisitos Gerais para Competência em Laboratórios de Ensaio e Calibração – Sistemas de Gerenciamento [21]

Requerimentos do Sistema de Gerenciamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de Gerenciamento de Qualidade</li> <li>- Gerenciamento e Organização</li> <li>- Controle de Documentos e Informação               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geral</li> <li>- Aprovação de documentos e séries</li> <li>- Mudanças em Documentos</li> </ul> </li> <li>- Revisão de Pedidos e Contratos</li> <li>- Subcontratação de ensaios e calibração</li> <li>- Obtenção de Serviços e Material</li> <li>- Interação com os clientes</li> <li>- Controle de Não-conformidades nos ensaios e calibração</li> <li>- Ações Corretivas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerais</li> <li>- Análise das Causas</li> <li>- Ações Corretivas</li> <li>- Monitoração das Ações Corretivas</li> <li>- Auditorias Especiais</li> </ul> </li> <li>- Ações Preventivas</li> <li>- Registros               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerais</li> <li>- Registros Técnicos</li> </ul> </li> <li>- Auditorias Internas</li> <li>- Revisões de Gerenciamento</li> </ul>
-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FIGURA 4.1b: Requerimentos Gerais para Competência em Laboratórios de Ensaio e Calibração – Técnico [21]

Requerimentos Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geral</li> <li>- Pessoal</li> <li>- Acomodação e Condições Ambientais</li> <li>- Métodos de Ensaio e Calibração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geral</li> <li>- Seleção dos Métodos</li> <li>- Métodos não normalizados</li> <li>- Validação de Métodos</li> <li>- Estimção da Incerteza das Medições</li> <li>- Melhor capacidade de medição</li> <li>- Controle dos dados</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipamentos</li> <li>- Acompanhamento das Medições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geral</li> <li>- Requerimentos Específicos, Laboratórios de Calibração Laboratórios de Ensaio</li> <li>- Normas e Materiais de Referência Normas de Referência Materiais de Referência</li> <li>- Controle Intermediário Transporte e Armazenamento</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amostragem</li> <li>- Manuseio dos itens de teste e calibração</li> <li>- Garantindo a Qualidade dos Resultados de Ensaio e Calibração</li> <li>- Relatando os Resultados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geral</li> <li>- Julgamento Profissional</li> <li>- Resultados de Ensaio e Calibrações realizados por subcontratados</li> <li>- Transmissão Eletrônica dos Resultados</li> <li>- Lay-out dos relatórios e certificados</li> <li>- Apêndices a relatórios e certificados</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro</li> </ul>	

Fonte: ISO/IEC – Guia 25 – 1997.

### 4.3. Credenciamento no Brasil

O INMETRO (Instituto Nacional de Normalização em Metrologia e Qualidade Industrial) é um órgão executivo do SINMETRO (Sistema Nacional de Normalização em Metrologia e Qualidade Industrial). O INMETRO é a única

organização brasileira autorizada pelo SINMETRO a realizar credenciamento de laboratórios e outros estabelecimentos em qualquer área de atividade no país. O INMETRO possui reconhecimento internacional como a agência credenciadora do Brasil, além de ser o representante do país para qualquer assunto relativo a cooperação internacional entre agências de credenciamento.

Além disso existe o CONACRE – Comitê Nacional de Credenciamento, responsável por procurar junto a comunidade, as principais necessidades relativas a credenciamento e também quanto a qualidade e tipo de trabalhos realizados por laboratórios credenciados.

O credenciamento de laboratórios pelo INMETRO é baseado na versão da ABNT do ISO/IEC Guia 25 e significa um reconhecimento formal de que o laboratório ou qualquer outro estabelecimento credenciado está operando um Sistema de Qualidade reconhecido formalmente e provou competência técnica para realizar os serviços especializados pelo escopo de seu credenciamento.

O Conceito de credenciamento não é novo no Brasil, porém, muitas áreas de atuação ainda não possuem estabelecimentos credenciados para realizar serviços, como é o caso dos Protetores Auditivos. Os campos de credenciamento vem sendo estabelecidos conforme as necessidades da sociedade e a demanda pelos serviços. Apesar de o INMETRO não ser uma organização privada, o processo de credenciamento vem sendo demandado pela comunidade privada.

Todas as informações relativas a credenciamento está disponível pela Internet, porém organizados em muitos diferentes documentos. Os

requerimentos da ISO/IEC não estão disponíveis, apenas a interpretação do INMETRO para o documento.

#### **4.4. Credenciamento nos EUA**

O conceito de credenciamento tem raízes profundas nos EUA. Todo o Sistema Educacional é baseado em credenciamento e entidades credenciadas. O credenciamento de laboratórios é apenas mais um dos vários tipos de credenciamentos praticados no país. Existem várias agências credenciadoras, nas mais diversas áreas. O NIST (Instituto Nacional de Normalização e Tecnologia) é a agência governamental responsável pela organização e fiscalização das agências credenciadoras. Porém, as agências credenciadoras são entidades não governamentais, geralmente criadas de acordo com as necessidades da comunidade.

O organismo credenciador responsável pelo credenciamento de laboratórios de acústica e muitas outras áreas de atividades é o NVLAP. Ele é apenas um dos muitos organismos credenciadores dos EUA, e existe a possibilidade de criação de outros organismos para realizar o mesmo tipo de trabalho.

O NVLAP oferece um Guia Geral para Credenciamento que contém todas os requerimentos do GUIA ISO e outros requerimentos específicos do NVLAP, de acordo com o Código de Regulamentação Federal, sub parte 285, título 15. O Guia é bem organizado para facilitar a utilização pelos funcionários de laboratórios e entidades procurando credenciamento. Todas as informações

necessárias estão organizadas em um único documento. Além disso, existe um guia específico para cada campo de atuação, com explicações detalhadas de requerimentos específicos.

Todas as informações relativas a credenciamento podem ser obtidas pela Internet, na Home Page do NVLAP, além de uma lista de todos os laboratórios credenciados por área de atuação.

O processo de credenciamento pode ser realizado rapidamente, dependendo basicamente da agilidade do laboratório em desenvolver seu sistema de qualidade. Os inspetores usualmente realizam uma visita ao laboratório e revisam todo o ambiente e documentação no local.

#### ***4.5. Situação Atual do LARI e ASL***

O ASL já possui credenciamento pelo NVLAP para realizar ensaios de atenuação de ruído de protetores auditivos de acordo com a ANSI S12.6 – 1997, método B. O LARI ainda está em processo de obtenção de credenciamento pelo INMETRO. Todos os documentos relativos ao credenciamento do LARI foram enviados ao INMETRO, após a revisão dos mesmos pelo comitê técnico do INMETRO, será realizada a visita ao estabelecimento. Porém os resultados não estão disponíveis até o momento da conclusão deste trabalho.

#### ***4.6. Conclusão***

As informações mais relevantes deste capítulo são o uso do ISO/IEC – Guia 25, 1997, como requerimentos básicos para o credenciamento de

laboratórios, tanto no Brasil quanto nos EUA. A partir desta informação, pode ser estabelecido que o LARI e ASL realizam trabalhos que podem ser comparados em termos de requerimentos técnicos e estão de acordo com os requerimentos da ANSI. Além disso, ambos adotam uma forma de gerenciamento similar.

A próxima informação relevante deste capítulo é a importância do credenciamento de laboratórios e os avanços nos acordos de reconhecimento mútuo, que já vem sendo praticados por 38 países, nos cinco continentes. Essas informações são bastante importantes para demonstrar o inegável papel do processo de credenciamento e para estimular o desenvolvimento de laboratórios credenciados na área de acústica, bem como em todas as outras áreas de pesquisa.

## **5. APLICAÇÃO PRÁTICA**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

Neste capítulo será realizada uma descrição da metodologia de análise a ser utilizada na comparação de custos entre os dois laboratórios e também serão apresentados os dados coletados para serem utilizados na análise. Existem muitos diferentes métodos de avaliação de projetos ou investimentos tais como: Pay Back, Pay Back Descontado, Valor Presente Líquido, Valor Futuro Líquido e muitos outros<sup>9</sup>. Porém o método mais acurado é a Análise de Fluxo de Caixa. Ele é considerado o método mais acurado por que avalia o valor do dinheiro com o passar do tempo. Sendo assim, essa será a metodologia utilizada neste trabalho. Porém a utilização da Análise de Fluxo de Caixa em avaliação de projetos educacionais ou de pesquisa é bastante difícil devido a incerteza das entradas e dificuldade na definição dos custos e itens de custo. Portanto, neste caso será utilizada a combinação da Análise de Fluxo de Caixa com os conceitos de Valor Uniforme Líquido. Na próxima sessão será realizada uma descrição dos conceitos de ambos as metodologias a serem utilizadas e alguns outros conceitos necessários a análise.

---

<sup>9</sup> Para maiores informações em metodologias de análise de projetos veja LAPPONI, 2000 [22] ou CASAROTTO (1998)[23].



## **5.2. Metodologia de Análise**

Hospitais, escolas, bibliotecas e Universidades são, em geral, entidades sem fins lucrativos, que oferecem serviços a comunidade. Segundo HORGREEN (1996) [24]:

*“Quase todas as organizações sem fins lucrativos, tais como hospitais, escolas, bibliotecas, museus, agências de governo, são também prestadoras de serviços. Administradores e contabilistas em organizações sem fins lucrativos tem muito em comum com aqueles que exercem essas mesmas funções nas organizações com fins lucrativos. Existe um orçamento a ser administrado.”*

O uso de Fluxo de Caixa em organizações sem fins lucrativos, especialmente em atividades de pesquisa, pode ser um pouco difícil, pois os retornos, nestes casos, são geralmente imprevisíveis, LAPPONI, 2000 [22].

### **5.2.1. Análise de Fluxo de Caixa (FC)**

Este método focaliza o fluxo de entradas e saídas de um projeto e, detalhada e sistematicamente, incorpora o valor do tempo na análise. Este é o motivo pelo qual é considerado o método mais acurado de análise e avaliação de projetos, HORGREEN, 1996 [24]. Um FC pode ser definido como a representação gráfica de todas as entradas e saídas de um projeto.

Para a análise do caso dos laboratórios, as entradas não estão disponíveis, portanto, foram consideradas apenas as saídas a serem realizadas durante o período de análise. A construção do Fluxo de Caixa permite a

identificação de todas as saídas do projeto em escala temporal. Para a construção do FC é necessário o cálculo do Valor Presente, Depreciação e identificação de todos os custos relevantes para o caso. Portanto, as seguintes definições são apresentadas para auxiliar na construção do FC e no processo de análise:

- Identificação de Todos os Custos Relevantes para cada atividade analisada. É considerado o passo mais importante da construção do FC. Os dados serão utilizados em todo o processo de análise. Portanto, é extremamente necessário que a identificação dos direcionadores de custo seja o mais acurada possível.
- Definição do Período de Análise: usualmente o tempo de análise para empresas varia de 5 a 10 anos. Durante este período o projeto ou investimento deve, supostamente, estar em andamento (alguns projetos podem apresentar tempo de análise diferente).
- Definição da Data Inicial: a data zero (inicial), de análise, deve ser definida. Neste ponto será calculado o valor presente e, geralmente neste período os principais investimentos do projeto são realizados.
- Depreciação: é muito importante, já que todos os equipamentos devem ser depreciados, de forma a recuperar o capital investido. Normalmente a depreciação é calculada linearmente, conforme é requerido pelo imposto de renda, e funciona como uma saída a mais no fluxo de caixa.

### 5.2.3. Valor Presente (VP)

O valor presente é o valor total, em dinheiro, que o valor futuro de um ativo vale no presente. Pode ser representado pela seguinte equação:

$$VP = \frac{A}{(1+i)^n} \quad (5.1)$$

Onde: PV é o Valor Presente;

A é o valor da prestação em n períodos;

i é a taxa de juros (TMA)

O valor presente também é conhecido como valor descontado, e o processo realizado para encontrar o valor presente é chamado desconto. Pode ser representado como o desconto do valor futuro de uma entrada ou saída, por que o valor deveria ser recebido no futuro e não no presente.

O somatório de todos os valores presentes para todos os itens de um FC representará o valor presente do projeto.

### 5.2.4. Valor Uniforme Equivalente (VUE)

O Valor Presente converte todas as diferentes entradas e saídas do FC em um valor único equivalente na data zero da análise. E o Valor Uniforme Equivalente[VUE], converte o Valor Presente em uma série de capitais iguais e pospostos, distribuídos entre a data um e a data final da análise do projeto (LAPPONI, 2000 [22]).

$$VUE = VP \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.2)$$

Onde VUE é uma série de  $n$  capitais equivalentes ao valor presente do projeto

PV é o valor presente

$i$  é a MRR

$n$  é o período de análise.

Os resultados do VUE serão a receita mínima anual do laboratório para cada ano de análise. Considerando que os laboratórios são organizações sem fins lucrativos, esse processo significa equilibrar o Fluxo de Caixa a zero.

#### **5.2.5. Depreciação**

Quando um equipamento é adquirido pela empresa, seu custo é dividido, em vários pagamentos, pelo seu tempo esperado de funcionamento. Esse custo periódico é chamado depreciação, HORGREEN, 1996 [24]. A depreciação Linear é a simples divisão do custo do equipamento pelo número de meses ou anos em que se espera utilizar o equipamento. Este é o conceito que será utilizado nesta análise.

### **5.3. Laboratório de Ruído Industrial (LARI)**

O Laboratório de Ruído Industrial (LARI) é parte integrante do Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Sua construção foi concluída em janeiro de 1999 e seu objetivo é desenvolver pesquisas e testes na área de Protetores Auditivos, garantindo a qualidade dos produtos existentes e auxiliando no desenvolvimento de novos produtos. O LARI foi credenciado pelo Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE) para realizar ensaios de atenuação de ruído em

protetores auditivos. Atualmente, não existe nenhum outro laboratório credenciado para realizar esse tipo de ensaio. Além disso, o LARI está em processo de obtenção do credenciamento oficial junto ao INMETRO, que é o agente responsável pelo credenciamento, de acordo com os requerimentos da ISO, no Brasil.

Desde o início de suas atividades o LARI realizou um grande número de ensaios em protetores auditivos, de acordo com as normas ANSI S12.6(1984) e ANSI S12.6- 1997, (métodos A e B). O Laboratório também pode realizar ensaios de atenuação sonora e ensaios mecânicos, bem como avaliar o uso dos protetores no ambiente de trabalho. Porém, como a principal atividade do laboratório é realizar ensaios de atenuação de protetores auditivos, o foco desta análise econômica não tomara aquelas atividades em consideração.

### **5.3.1. Coleta de Dados (LARI)**

Todos os dados foram coletados dos arquivos do LARI ou de consultas de mercado. O período de análise será de 10 anos e a data inicial considerada é o ano de 1998, que foi o ano de construção do laboratório. O valor residual a ser considerado na análise é o valor da construção, que será apresentado a seguir.

Os valores obtidos para o cálculo do FC do LARI serão convertidos para dólares, pois todos os dados do ASL já se encontram naquela moeda. Essa decisão foi tomada para facilitar a comparação e evitar problemas de inflação que poderiam necessitar ajustamento.

Os itens de custo do LARI são os seguintes:

- Equipamentos (utilizados para o ensaio);
- Custos de Construção;
- Depreciação dos Equipamentos e da Construção;
- Custos de Credenciamento e Calibração de Equipamentos;
- Custos com Secretaria e bolsas de Estudo.

A Tabela 5.1a apresenta todos os equipamentos disponíveis para serem utilizados pelo LARI na realização dos ensaios de protetores auditivos de acordo com a ANSI S12.6 – 1997, método B os seus respectivos preços.

TABELA 5.1a: Lista dos Custos dos Equipamentos - LARI

Data de Aquisição	Descrição do Equipamento	Marca	Valor(R\$)
Jan/1998	Alto-falante	Selenium	8.000,00
Jan/1998	Circuito Fechado de TV	Diplomat	1.182,00
Jan/1998	Alto-falante	JBL	1.350,00
Jan/1998	Fonte Sonora + Controlador	Brüel & kjaer	4.099,00
Jan/1998	Audiometro Clínico + Concha	Interacoustics	17.100,00
Jan/1998	Computador	Digital	1.544,00
Jan/1998	No Break	Equisul	200,00
Jan/1998	Computador		1.544,00
Jan/1998	Computador		1.544,00
Fev/1999	Equip. Teste Audiométrico	Larson Davis	20.000,00
Jan/2000	Cabeça Artificial		500,00
May/2000	Medidor da Força do Arco	***	1.000,00
Set/2000	Software Larson Davis	Larson Davis	2.000,00
Total			60.063,00

A Tabela 5.1b apresenta a taxa de câmbio equivalente a data de compra de cada equipamento e o valor convertido para o dólar. A taxa de câmbio utilizada foi a taxa de câmbio mensal publicada no Boletim do Banco Central do Brasil, disponível na Internet<sup>10</sup>.

TABELA 5.1b: Lista dos Equipamentos LARI – Valores em US\$

Data de Aquisição	Descrição do Equipamento	Valor (R\$)	R\$/US\$ Câmbio	Valor (US\$)
Jan/1998	Alto-falante	8.000,00	1.23	6,509.36
Jan/1998	Circuito Fechado de TV	1.182,00	1.23	913.75
Jan/1998	Alto-falante	1.350,00	1.23	1,098.45
Jan/1998	Fonte Sonora + Controlador	4.099,00	1.23	3,335.23
Jan/1998	Audiometro Clínico + Concha	17.100,00	1.23	13,913.75
Jan/1998	Computador	1.544,00	1.23	1,256.31
Jan/1998	No Break	200,00	1.23	162.73
Jan/1998	Computador	1.544,00	1.23	1,256.31
Jan/1998	Computador	1.544,00	1.23	1,256.31
Fev/1999	Equip. Teste Audiometrico	20.000,00	2.06	9,689.92
Jan/2000	Cabeça Artificial	500,00	1.80	277.53
May/2000	Medidor da Força do Arco	1.000,00	1.83	547.71
Set/2000	Software Larson Davis	2.000,00	1.84	1085.25
Total		60.063,00		41,302.60

---

<sup>10</sup> Banco Central do Brasil – <http://www.bcb.gov.br>

Segundo LAPPONI[22], todos os equipamentos devem ser depreciados por 10 anos. Computadores e outros equipamentos de alta tecnologia devem ser depreciados em dois anos. Construções e Instalações devem ser depreciadas em 25 anos. A tabela 5.2 apresenta a depreciação para todos os equipamentos listados na tabela 5.1. A depreciação foi calculada pelo método linear e foi incluída no FC como a primeira saída do ano 1.

Tabela 5.2: Depreciação dos Equipamentos (US\$)

Date de Aquisição	Descrição do Equipamento	Equipamentos Custo (US\$)	Depreciação Cote (U\$)	OBS
Jan/1998	Alto-falante	6,509.36	650.94	10 anos
Jan/1998	Circuito Fechado de TV	913.75	91.37	10 anos
Jan/1998	Alto-falante	1,098.45	109.85	10 anos
Jan/1998	Fonte Sonora + Controlador	3,335.23	333.52	10 anos
Jan/1998	Audiometro Clínico + Concha	13,913.75	1,391.37	10 anos
Jan/1998	Computador	1,256.31	628.15	2 anos
Jan/1998	No Break	162.73	16.27	10 anos
Jan/1998	Computador	1,256.31	628.15	2 anos
Jan/1998	Computador	1,256.31	628.15	2 anos
Fev/1999	Equip. Teste Audiometrico	9,689.92	968.99	10 anos
Jan/2000	Cabeça Artificial	277.53	27.75	10 anos
May/2000	Medidor da Força do Arco	547.71	54.77	10 anos
Set/2000	Software Larson Davis	1085.25	108.52	10 anos
	Total Depreciação para cada ano		5,637.83	



TABELA 5.3: Custos de Construção do LARI (R\$ e US\$)

Data de Aquisição	Descrição	R\$/US\$		Valor US\$
		Valor (R\$)	Câmbio	
20/01/98	Construção	(16.526,55)	1.2102	13,656.05
22/01/98	Arquitetura	(350,00)	1.2102	289.21
04/03/98	Construção	(19.532,41)	1.1427	17,093.21
02/07/98	Material de Construção	(1.980,00)	1.1724	1,688.84
09/07/98	Construção	(5.979,00)	1.1724	5,099.80
09/07/98	Construção	(4.691,16)	1.1724	4,001.33
16/10/98	Construção	(17.908,00)	1.1954	14,980.76
19/10/98	Material Permanente	(4.637,00)	1.1954	3,879.04
20/01/98	Outras Despesas	(1282,00)	1.2102	1,059.33
Total		(72.886,12)		61,747.56

A Tabela 5.3 apresenta os custos de construção, incluindo os custos da câmara reverberante e todas as outras instalações do LARI. Além disso inclui a taxa de câmbio para todo o período de construção do LARI e os resultados dos valores convertidos para dólares.

A tabela 5.4 apresenta o custo de credenciamento pelo INMETRO. O processo de credenciamento não foi concluído, porém todos os custos já podem ser estimados. O custo de consultoria é um custo inicial e os custos de calibração serão anuais. Novamente, na tabela 5.4 é apresentado o câmbio para o ano e mês de construção os valores convertidos em dólares. Na mesma tabela são apresentados os custos de calibração que serão repetidos todos os anos.

TABELA 5.4: Custos de Credenciamento (R\$ e US\$)

Descrição	R\$	R\$/US\$	US\$
Revisão da Documentação	500,00	1,802	277,53
Visita de Inspeção	4.000,00	1,802	2.220,25
Taxa Anual	1.146,00	1,802	636,10
Taxa de Consultoria	8.000,00	1,802	4.440,50
Calibração	2.500,00	1,802	1.387,66
Total	16.146,00		8.962,03

A tabela 5.5 descreve todas as despesas do laboratório com bolsas de estudos que são oferecidas a estudantes integrantes do grupo de pesquisa em Protetores Auditivos. São incluídas 3 bolsas de Iniciação Científica e duas bolsas de Pós-graduação (mestrado e doutorado). Atualmente essas bolsas de estudo são pagas por agências governamentais, como CAPES e CNPq, que são responsáveis por auxílio e incentivo a educação no país. Porém, como os estudantes são os principais responsáveis pelo andamento do trabalho no laboratório, estes custos serão incluídos na análise de forma ilustrativa.

TABELA 5.5: Custos de Pessoal

Mão de Obra	Total	US\$	FEESC	R\$/US\$	US\$
Bolsa (IC)	3.000,00	1.665,19	3.300,00	1,80	1.831,71
Bolsa PG(M)	8.880,00	4.928,95	9.768,00	1,80	5.421,85
Bolsa PG (D)	13.200,00	7.326,82	14.520,00	1,80	8.059,50
Secretaria	4.800,00	2.664,30	5.280,00	1,80	2.930,73
TOTAL	29.880,00	13.920,96	32.868,00		18.243,78

Além de todos os custos apresentados, o LARI paga uma taxa de 11% para a UFSC e uma taxa de 10% para a FEESC, sobre todas as suas receitas.

Essas taxas serão incluídas ao final da análise, para evitar duplicidade. O valor residual da construção foi estimado em R\$40.000,00, baseado nos descontos de depreciação.

#### **5.4. Laboratório de Audição e Sistemas (ASL)**

O Laboratório de Audição e Sistemas (ASL) é parte do departamento de Sistemas Industriais (ISE) da Virginia Tech University (VT). O ASL foi fundado em 1983, e desde Julho de 2000 está credenciado junto ao NVLAP para realizar ensaios de atenuação de protetores auditivos de acordo com os requerimentos da norma ANSI S12.6 – 1997, método B.

O laboratório é capaz de realizar muitos outros diferentes tipos de ensaios e pesquisas, porém para esta análise apenas os ensaios de protetores auditivos serão considerados. No caso do ASL, a principal atividade não são os ensaios de atenuação de Protetores Auditivos, porém como o laboratório possui o credenciamento pelo NVLAP, é possível realizar a comparação de custos.

##### **5.4.1. Coleta de Dados (ASL)**

Durante a coleta de dados foram estabelecidos também outros parâmetros da análise. A data zero, será o ano de 1999, em que o ASL esta se preparando para obter o credenciamento. Assim como no caso do LARI, o período de análise será de 10 anos e o valor residual será definido como o valor residual para a câmara reverberante. Como todos os custos do ASL estão em dólares, nenhuma conversão foi necessária.

Os itens de custo para o ASL são os seguintes:

- Custos de Equipamentos;
- Custos de Depreciação;
- Custos de Credenciamento e Calibração;

Assim como no caso do LARI, o ASL paga a VT uma taxa de utilização que é de 45% de todas as receitas obtidas através dos serviços prestados pelo laboratório. Como uma compensação a VT cobre todas as despesas de gerenciamento e outros custos legais do laboratório.

A tabela 5.6 contém a descrição dos custos de todos os equipamentos do ASL utilizados para a realização de ensaios de atenuação de ruído de protetores auditivos de acordo com a norma ANSI S12.6 – 1997, método B, além disso a tabela também contém os preços de todos os equipamentos.

TABELA 5.6: Custos dos Equipamentos (ASL) – US\$

Data de Aquisição	Descrição dos Equipamentos	Marca	Valor Total (R\$)
01/01/99	Analisador de Tempo Real	Larson Davis	7.950,00
02/01/99	Microfones	Larson Davis	690,00
03/01/99	Microfones	Larson Davis	890,00
04/01/99	Pre-amplificador	Larson Davis	735,00
05/01/99	Cabeça Artificial	Larson Davis	1.120,00
06/01/99	Câmara Audiométrica	IAC	20.000,00
07/01/99	Calibrador Acústico	B&K	775,00
08/01/99	Dual Microfone	AKG	1.100,00
09/01/99	Audiometro Clínico	Beltone	9.900,00
10/01/99	Computador	Gateway	1.599,00
11/01/99	Sistema de Ensaio de	Norwegian	8.000,00

	PA		
12/01/99	Circuito Fechado de TV		750,00
13/01/99	Impressora	HP	499,00
14/01/99	Alto-falantes	Norsonic	1.664,00
15/01/99	Placa	GPIB	995,00
16/01/99	Outros		2.000,00
TOTAL			58.667,00

O ASL está localizado no quinto andar do edifício do departamento de Sistemas Industriais da VT. Portanto, o único custo de construção/instalação incluso na análise foi o referente a câmara reverberante utilizada nos ensaios. A Tabela 5.7 apresenta os resultados do cálculo da depreciação para todos os equipamentos utilizados nos ensaios dispostos na tabela 5.6. O método de cálculo da depreciação foi o mesmo utilizado no caso do LARI, linear

TABELA 5.7: Depreciação dos Equipamentos do ASL

Data de Aquisição	Descrição dos Equipamentos	Marca	Custo Total	Depreciação	
Jan/99	Analizador de Tempo Real	Larson Davis	7.950,00	795.00	10%aa
Jan/99	Microfones	Larson Davis	690,00	69.00	10%aa
Jan/99	Microfones	Larson Davis	890,00	89.00	10%aa
Jan/99	Pre-amplificador	Larson Davis	735,00	73.50	10%aa
Jan/99	Cabeça Artificial	Larson Davis	1.120,00	112.00	10%aa
Jan/99	Câmara Audiométrica	IAC	20.000,00	800.00	4%aa
Jan/99	Calibrador Acústico	B&K	775,00	77.50	10%aa
Jan/99	Dual Microfone	AKG	1.100,00	110.00	10%aa
Jan/99	Audiometro Clínico	Belton	9.900,00	990.00	10%aa
Jan/99	Computador	Gatway	1.599,00	799.50	50%aa
Jan/99	Sistema de Ensaio de PA	Norgwegian Elet.	8.000,00	800.00	10%aa
Jan/99	Circuito Fechado de TV		750,00	75.00	10%aa

Jan/99	Impressora	HP	499,00	249.50	50%aa
Jan/99	Alto-falantes	Norsonic	1.664,00	166.40	10%aa
Jan/99	Placa		995,00	497.50	50%aa
Jan/99	Outros		2.000,00	200.00	10%aa
TOTAL			58.667,00	5,903.90	

Além dos custos de Equipamentos e Depreciação, o ASL possui custos de Credenciamento. As taxas relativas a esse item estão dispostas na tabela 5.8. Alguns custos são anuais, e alguns se repetem a cada dois anos. A ordem das repetições será evidenciada na construção do FC a seguir.

TABELA 5.8: Custos de Credenciamento do ASL

Descrição	Taxa/US\$
1- Taxa Administrativa e de Suporte Técnico	3,130.00
2 – Taxa de Aplicação Inicial	500.00
3 – Taxa de Visita de Inspeção	2,100.00
4 – Taxa do Teste de Proficiência	550.00
Total	6,280.00

No caso dos custos de credenciamento, a taxa de suporte administrativo e técnico é anual, a taxa de aplicação inicial é paga apenas uma vez no primeiro ano. As taxas relativas à visitas de inspeção são pagas uma vez a cada dois anos e a taxa de teste de proficiência também se repete a cada dois anos. Portanto, os desembolsos anuais com credenciamento dependem da ocorrência, ou não, da visita de inspeção e dos testes de proficiência. Usualmente, essas duas taxas não são simultâneas, ou seja, não ocorrem ambas num mesmo ano. O valor residual para o ASL é de US\$ 12.000,00 pela câmara reverberante, descontada a depreciação.

## **5.5. ANÁLISE DE CUSTO DOS LABORATÓRIOS.**

A análise foi realizada baseada na coleta de dados descrita nas sessões anteriores. Todas as informações foram tabuladas e organizadas em planilhas. Os cálculos foram realizados em software que permite todos os tipos de cálculos, incluindo análise estatística e funções financeiras, opções de criação de gráficos e tabelas que enriquecem o trabalho.

A base para comparação foram os resultados de VUE calculados para os dois laboratórios e que levarão a um valor anual uniforme mínimo que cada laboratório deveria realizar para manter-se em funcionamento, sem prejuízo. Abaixo deste valor, o laboratório estaria perdendo dinheiro, e acima disso, estaria realizando lucro. A análise não parou neste ponto, no entanto. Devido a dificuldade em estimar a demanda para ensaios de protetores auditivos, o caminho inverso foi realizado. Ao invés de calcular a demanda para os ensaios, calculou-se o número mínimo de ensaios anuais cada laboratório deve realizar para garantir o equilíbrio do seu FC.

### **5.5.1. Análise do ASL**

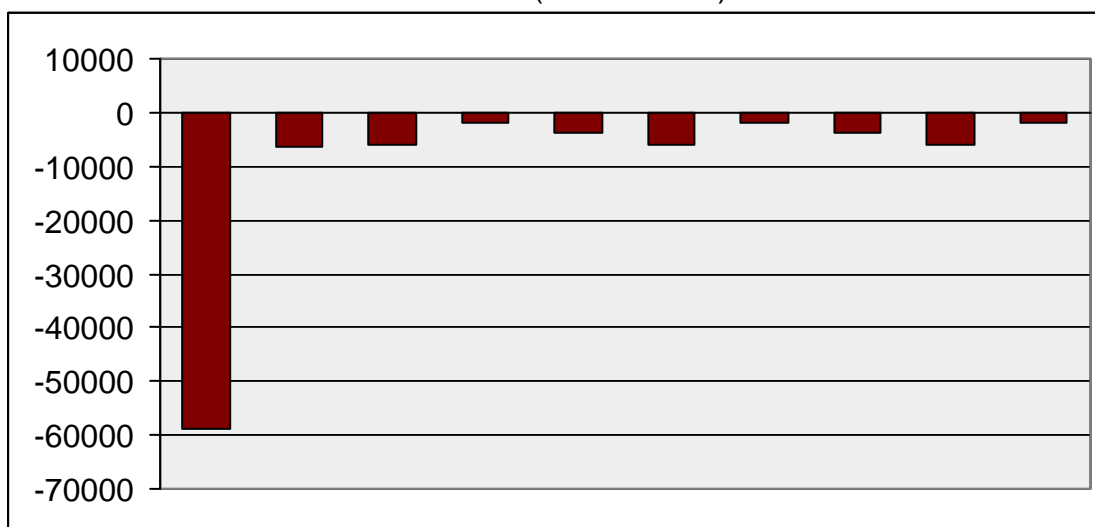
Todos os custos descritos na sessão anterior foram organizados para criar o FC do ASL. Os resultados estão dispostos na tabela 5.9. e na figura 5.1.

Como é demonstrado na figura 5.1, após o custo inicial de aquisição, o Fluxo de caixa começa a se desenhar, as despesas passam a ser periódicas e repetidas.

TABELA 5.9: Fluxo de Caixa do ASL.

Data	Data do Projeto	Descrição	Saída US\$
1999	0	Custo de Aquisição	-58667
2000	1	Credenciamento	-6280
2000	1	Depreciação	-5903
2000	1	Calibração	-2000
2001	2	Credenciamento	-3680
2001	2	Depreciação	-5903
2001	2	Calibração	-2000
2001	3	Depreciação	-5903
2001	3	Calibração	-2000
2002	4	Credenciamento	-3680
À			
2008	10	Credenciamento	-3680
2008	10	Depreciação	-5903
2008	10	Calibração	-2000

FIGURA 5.1 – Fluxo de Caixa do ASL (1999 – 2009)





#### 5.5.1.1. Valor Presente

Após a criação do Fluxo de Caixa do ASL, o próximo passo foi o cálculo do Valor Presente, de acordo com a equação 5.1, como segue. Algumas definições devem ser realizadas para o cálculo do Valor Presente, dentre elas, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que segundo HORGREN, 1996 é geralmente (para os projetos educacionais ou sem fins lucrativos) 10% ao ano. Considerando a possibilidade de diferentes cenários econômicos, e diferentes resultados em termos de arrecadação, foram estipulados três valores diferentes para a TMA (5%, 10% e 15%). Os resultados finais do cálculo do PV estão demonstrados na Tabela 5.10. No caso do ASL, a única variação é relativa a TMA.

Como pode ser observado pelos resultados, uma baixa TMA, significa uma taxa de desconto baixa para o projeto, e consequentemente, um maior VP. Para o caso da TMA de 15%, o valor presente do projeto é menor, e consequentemente muito mais atrativo para os investidores. Na prática pode ser comparado com uma conta de poupança, com um único depósito inicial, quanto maior a taxa de juros, menor o depósito inicial.

TABELA 5.10: Valor Presente do ASL

TMA (%)	ASL VP (US\$)
5	(160,066.72)
10	(135,782.87)
15	(121,873.35)

É importante observar que, por terem sido considerados apenas as saídas do FC para este projeto, os valores resultantes são negativos. Porém, o importante, nestes casos, é o valor absoluto.

#### 5.5.1.2. ASL Valor Uniforme Equivalente

Em posse do valor presente, o próximo passo da análise foi o cálculo do PMT (Pagamento). A equação 5.2, foi utilizada. O PMT foi calculado considerando a TMA variando de 5%, 10% e 15%, e os resultados estão dispostos na tabela 6.3 Os resultados demonstram o mínimo valor anual a ser arrecadado pelo laboratório para que este possa se manter. É o mínimo valor de entradas para manter o laboratório e recuperar os custos iniciais de aquisição, sem considerar a porcentagem paga a VT e os custos variáveis dos serviços oferecidos pelo laboratório.

TABELA 5.11. Valor Uniforme Equivalente (ASL)

Taxa Mínima de Atratividade	VUE -US\$	VUE + VT (taxas)45% -US\$
5%	20,104.05	29.150,88
10%	22,098.04	32.042,15
15%	24.283,52	35.211,10

A tabela 6.3 apresenta também o VUE acrescido da porcentagem paga a VT.

#### 5.5.1.3 Custo dos Ensaios de PA

Essa é a segunda parte da análise. Não existe uma estimativa confiável da demanda por ensaios de protetores auditivos. Portanto, a análise considerará a combinação do preço por ensaio e do resultado do Valor Uniforme Equivalente para estimar a demanda mínima requerida para os ensaios. Isto é, o número

mínimo de ensaios a serem realizados para manter equilibrado o FC do laboratório.

Na tabela 5.12 são descritos os preços para cada teste (tipos concha e plugue) e os custos variáveis relativos a cada um deles ( os custos variáveis são calculados com base no número de ouvintes necessários para a realização de cada ensaio e no tempo de duração de cada sessão), descontando as taxas da VT de 45%. Sendo assim, o custo total final para casa ensaio já considera a incidência das taxas.

TABELA 5.12: Custo do Ensaio de PA (ASL)

Ensaio de PA	PA - Plugue US\$	PA - Concha US\$
Custo Ouvinte/Hora	8.00 US\$/Horas	8.00 US\$/Horas
Número de Ouvintes	20/Ouvintes	10/Ouvintes
Duração do Teste	30/Horas	15/Horas
Custos Variáveis	300.00/US\$	150.00/US\$
Preço do Ensaio PA	5,400.00/US\$	2.700,00/US\$
VT Taxas (45%)	2,160.00/US\$	1.080,00/US\$
Arrecadação Total por Ensaio	3,240.00/US\$	1,620.00/US\$

O valor mínimo a ser realizado pelo laboratório anualmente, ao ser dividido pelo preço de cada ensaio, resultará no número aproximado de ensaios que necessitam ser realizados anualmente, para que o laboratório se mantenha em boas condições financeiras. Na Tabela 6.5 são apresentadas as variações de acordo com os tipos de protetores e a TMA. O VUE utilizado neste caso é o valor que não inclui as taxas da VT, para evitar duplicação das taxas, que foram descontadas do preço dos ensaios.

TABELA 5.13 Número de PA a serem realizados a cada ano.

TMA %	PMT US\$	PLUGUE	CONCHA
5	20,104.05	6	12
10	22,098.04	7	14
15	24.283,52	7	15

### 5.6. Análise do LARI

Assim como para o ASL, o primeiro passo para a análise do caso LARI foi a criação do FC do projeto, baseado em todas as informações coletadas e apresentadas no início do capítulo corrente. Na Tabela 5.14 são apresentados os resultados.

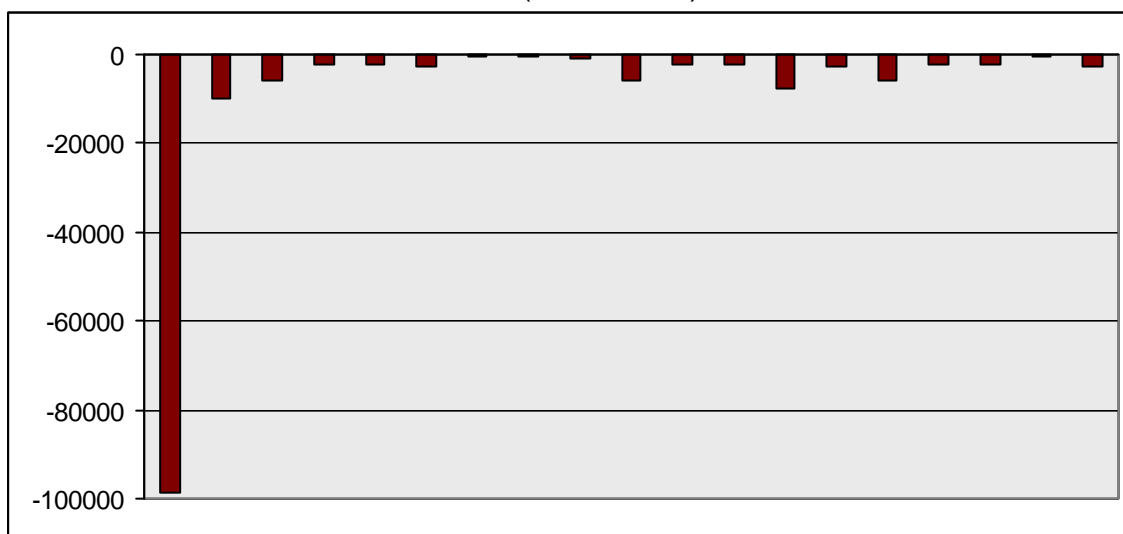
No Fluxo de Caixa do LARI, apresentado na figura 5.2, também se pode observar as saídas periódicas, após o investimento inicial, como aconteceu no FC do ASL

TABELA 5.14: Fluxo de Caixa do LARI

Data	Datas do Projeto	Descrição	Saídas US\$
1998	0	Custo de Aquisição Inicial	(98.691,37)
1999	1	Teste Audiométrico	(9.689,92)
1999	1	Depreciação dos Equipamentos	(5.637,83)
1999	1	Depreciação das Instalações	(2.469,90)
1999	1	Secretária	(2.198,05)
1999	1	Calibração	(2.500,00)
....to			
2008	10	Depreciação dos Equipamentos	(5.637,83)

2008	10	Depreciação das Instalações	(2.469,90)
2008	10	Secretária	(2.198,05)
2008	10	Calibração	(636,10)
2008	10	Credenciamento	(2.500,00)

FIGURA 5.2: Fluxo de Caixa do LARI (1998- 2000)



### 5.6.1. Valor Presente para LARI

A mesma ordem de execução foi realizada para o cálculo do Valor Presente para o caso da análise do LARI. Primeiro calculou-se o VP, que está demonstrado na tabela 5.15a, não considerando os valores de Bolsas de Estudo, já que inicialmente o CNPq e a CAPES estão responsáveis por isso. Na tabela 5.15b, é apresentado o VP considerando as bolsas de estudo como responsabilidade do LARI. Esse segundo cálculo foi realizado apenas para fins de observação e comparação, porém não constará da análise final. A opção por demonstrar os resultados considerando as bolsas de estudos tem como

justificativa o fato de os estudantes serem responsáveis por grande parte do trabalho realizado pelo LARI.

TABELA 5.15a: Valor Presente sem Bolsas de Estudos

<b>TMA</b>	<b>Valor Presente</b>
<b>%</b>	<b>US\$</b>
5	(217.599,98)
10	(195.865,81)
15	(180.098,91)

TABELA 5.15b: Valor Presente considerando as Bolsas de Estudos

<b>TMA</b>	<b>Valor Presente</b>
<b>%</b>	<b>US\$</b>
5%	(330.228,96)
10%	(301.369,35)
15%	(285.232,83)

Os resultados dos cálculos de Valor Presente, considerando as variações da TMA apresentaram o comportamento esperado. Quanto maior a TMA, menor o Valor Presente necessário para a realização do Projeto. Como foi dito anteriormente, os valores considerando as Bolsas de Estudo foram apresentados apenas para ilustração.

Os resultados para o caso do ASL/LARI são negativos, pois apenas as despesas foram consideradas na análise, devido a dificuldade na estimação das possíveis entradas. Novamente é importante frisar que apenas os valores absolutos serão considerados.

#### **5.4. O Valor Uniforme Equivalente para o LARI**

O VUE foi calculado considerando duas possibilidades de Fluxo de Caixa, com ou sem bolsas de estudos. Os resultados estão apresentados nas tabelas 5.16a e 5.16b:

TABELA 5.16a: VUE sem bolsas de Estudos

<b>MRR %</b>	<b>NUV – LARI US\$</b>	<b>NUV LARI plus FEESC/UFSC–TAXES (21%) US\$</b>
5	25.000,01	30.250,01
10	29.366,44	35.533,39
15	33.915,00	41.037,15

TABELA 5.16b: VUE com bolsas de Estudos

<b>MRR %</b>	<b>NUV – LARI US\$</b>	<b>NUV LARI plus FEESC/UFSC– TAXES (21%) US\$</b>
5	39.585,98	47.899,03
10	42.155,76	51.008,48
15	43.910,51	53.131,72

Nas Tabelas 5.16 a e b são apresentados os resultados dos cálculos do VUE para ambas as situações, com ou sem bolsas de estudos, e na segunda coluna das mesmas tabelas, são apresentados os mesmos resultados com a incidência de taxas da UFSC.

##### **5.6.1.2.Custos dos Ensaio de Protetores Auditivos (LARI)**

Novamente, para o caso do LARI o custo dos ensaios foi calculado com base no preço praticado atualmente pelo laboratório, descontados os custos

varáveis, e as taxas pagas a UFSC e FEESC. O resultado é o número mínimo de protetores a serem ensaiados durante o ano para que o laboratório possa ter um FC equilibrado. Os resultados estão dispostos na tabela 5.17

TABELA 5.17: Custo do Ensaio de PA – LARI

HPD Measurement test	HPD PLUG US\$	HPD MUFF US\$
Cost per hour of Subject	3.00 US\$/Hour	3.00 US\$/Hour
Number of Subjects	20	10
Number of testing hours	30	10
Variable Cost	140.00	70.00
HPD test cost	2,000.00	2,000.00
UFSC Taxes (21%)	420.00	420.00
Total Cost per test	1,440.00	1510.00

Para o cálculo do número de testes a serem realizados pelo LARI foi utilizado o VUE sem considerar as taxas da FEESC e UFSC. Na tabela 5.18 são apresentados os resultados, de acordo com a variação da TMA e do tipo de protetor.

TABELA 5.18: Total de Ensaio de PA a serem realizados no ano (LARI)

MRR	PMT	PLUG	MUFF
5%	25.000,01	17	17
10%	29.366,44	20	19
15%	33.915,00	24	22

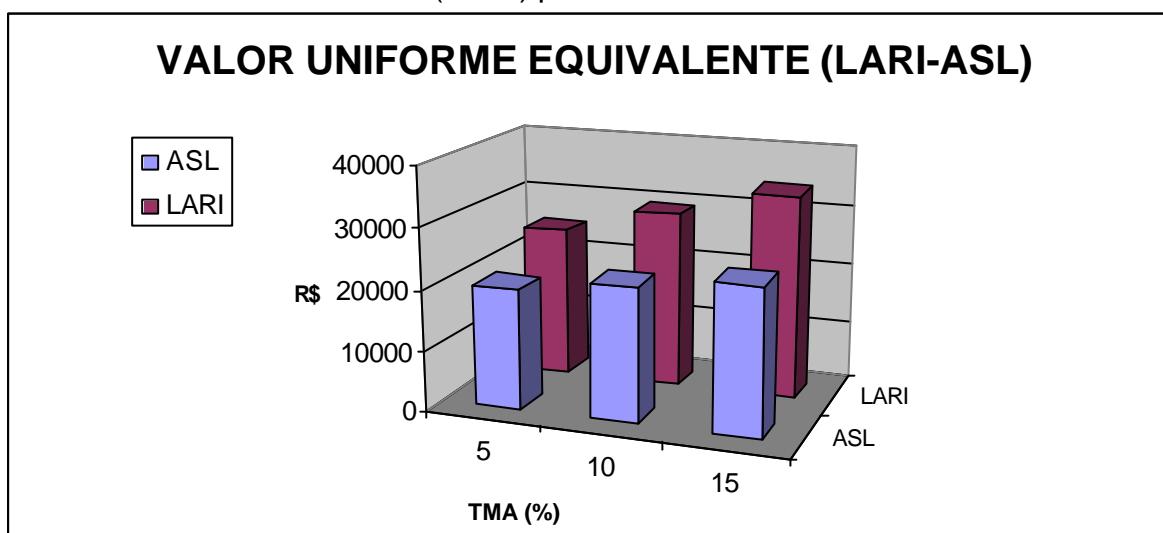
## 5.7. Resultados Financeiros e Comentários

Os resultados do cálculo do VUE demonstram que os custos do LARI são mais elevados quando comparados aos custos do ASL. Esse resultado era o esperado, especialmente considerando que o ASL não possui os mesmo



custos de construção que se apresentam no caso do LARI, o que faz com que seu custo inicial fique consideravelmente menor. Porém a diferença entre os custos iniciais dos dois projetos não é tão significativa quanto se podia imaginar. Considerando as variações da TMA os resultados do ASL podem variar de 20 a 25.000 dólares, enquanto que os resultados do LARI podem variar de 25 a 33.000 dólares por ano, como pode ser observado na figura 5.3.

FIGURA 5.3: Gráfico do VAUE (anual) para o LARI e ASL

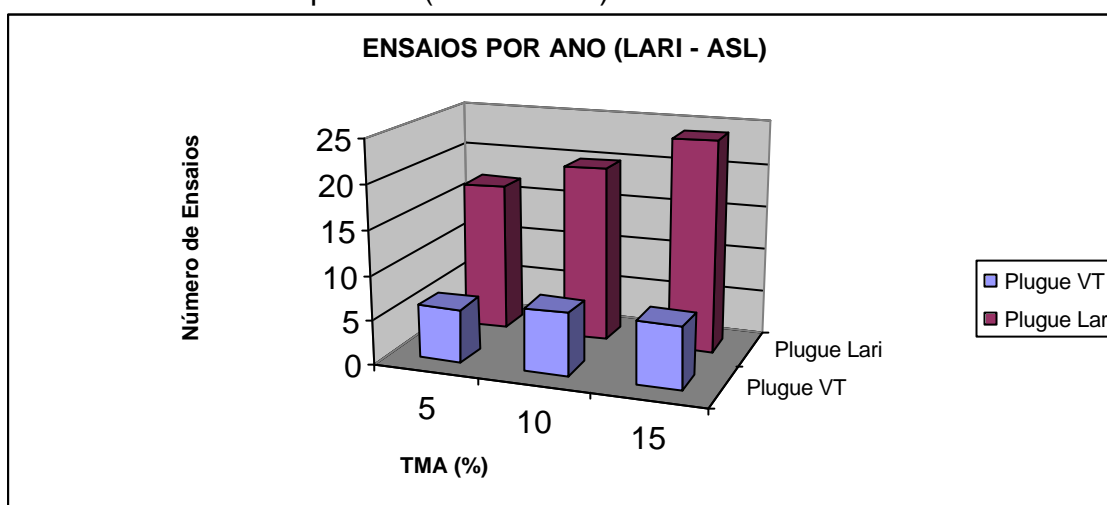


O preço praticado pelos laboratórios também apresenta uma diferença considerável. O preço do LARI é o mesmo para os dois tipos de ensaios, enquanto que o ensaio do tipo plugue para o caso do ASL é duas vezes mais caro do que o ensaio do tipo concha. Portanto, enquanto o VUE para ambos os laboratórios é praticamente o mesmo, o número mínimo de ensaios a ser realizados por ano é duas vezes maior no caso do LARI.

Os resultados do ASL apresentam um preço mais realista, considerando a possível demanda pelo ensaio. No Brasil, existe apenas um laboratório de

ensaio de protetores auditivos, que é o LARI, por tanto o mercado para os ensaios é fechado. Porém, não existe uma demanda para 20 ou 30 ensaios por ano, por que a Validade do CA é de 5 ano e não existem tantos modelos disponíveis no mercado.

FIGURA: 5.4: Ensaio por ano (LARI – ASL)



Ser o único laboratório disponível para realizar ensaios de protetores auditivos em todo o país poderia ser visto como uma posição de poder, especialmente para controle de preços dos serviços. Mas neste caso, os fabricantes de PA recorrem ao termo de responsabilidade ainda aceito pelo MTE, para manter os preços baixos.

No caso do ASL, a excelência e imparcialidade de um laboratório não privado são bem reconhecidas pelos clientes, que estão dispostos a pagar mais para obter este tipo de serviço. Além disso, o laboratório desenvolve uma diversidade de outras atividades que fazem com que os ensaios de PA sejam apenas mais uma das suas atividades, e não a principal delas, o que faz a diferença nos preços praticados.

## **6. CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

O problema de ruído é inegável, o uso de Protetores Auditivos tem se espalhado em todas as áreas de atividades, já que se apresenta como uma solução prática, comparada com as soluções de controle de ruído disponíveis no mercado. A revisão da bibliografia com os resultados da ANSI S12.6, comparados com os resultados de campo e com os resultados das versões anteriores da Norma apresentam claramente que a ANSI S12.6, 1997, método B tem resultados muito mais próximos dos resultados obtidos em campo. Além disso, o uso destas informações pelos compradores como uma informação formal irá inserir muito mais realidade ao processo de seleção de protetores do que os resultados apresentados anteriormente.

Paralelamente, os processo de credenciamentos de laboratórios tem se tornando inegavelmente necessário. A globalização dos mercados tem criados necessidade de harmonização nos procedimentos laboratoriais que não podem ser deixadas de lado. O recente Acordo de Reconhecimento Mutuo (MRA) representa a queda de muitas barreiras para o comércio internacional, já que simplifica a aceitação mutua de produtos entre os países participantes do acordo. A posição do LARI em credenciar-se, especialmente sendo este o único laboratório no país responsável por essas atividades, demonstra sua visão de futuro e possibilidades de avanços mesmo nos mercados internacionais.

Os resultados da análise econômica dos custos dos laboratórios levam a algumas confirmações interessantes. Primeiramente, os custos para manutenção dos serviços em ambos os laboratórios, que realizam o mesmo tipo de atividades são maiores no caso do Brasil do que no caso dos EUA. Porém a diferença não é tão grande, mesmo considerando os custos de construção.

Apesar de o LARI ser o único laboratório no Brasil capaz de realizar ensaios de PA, reconhecido pelo MTE e em processo de credenciamento pelo INMETRO, enquanto que o ASL é mais um entre os seis laboratórios naquele país que realiza esse tipo de serviço, o preço praticado pelo LARI está bem abaixo do preço praticado pelo ASL. Praticando preços realistas o ASL precisa realizar em média 6 a 7 ensaios tipo plugue por ano ou 12 a 15 ensaios do tipo concha por ano para manter todas as suas despesas. Enquanto que o LARI precisa realizar no mesmo período de 17 a 24 plugues ou 17 a 22 conchas. Sendo assim as diferenças são relativas aos preços praticados e não aos custos totais de cada laboratório. Essas informações podem demonstrar que:

O LARI está funcionando abaixo de suas necessidades de receita. Algumas soluções podem ser possíveis para solucionar este problema. Uma solução direta e imediata seria ou aumento dos preços dos ensaios, de forma a trabalhar de acordo com as necessidades de custo. Outra possibilidade é o desenvolvimento de outros tipos de atividades, como por exemplo, diferentes tipos de ensaios ou mesmo calibração de equipamentos.

No caso do ASL, os ensaios estão sendo realizados em equilíbrio com as necessidades do laboratório, além disso, o ASL realiza outras atividades, não sendo, portanto dependente apenas dos ensaios de protetores auditivos, criando diferentes possibilidades de receitas.

Porém, mesmo considerando todas as dificuldades em manutenção do LARI, é clara a sua importância para a sociedade, principalmente por que beneficia a qualidade dos protetores auditivos. A credibilidade de seus clientes vira da existência de um laboratório bem organizado e credenciado para realizar os ensaios específicos.

#### Futuros Trabalhos Possíveis:

- Determinação dos custos de um laboratório privado de ensaios de protetores auditivos;
- Avaliar o Sistema de Credenciamento para garantir que satisfaz os requisitos da ISO;
- Avaliar com experimentos práticos os procedimentos recomendados pela ANSI S12.6 – 1997 (método B), nas dependências do LARI;
- Desenvolver um Sistema de Custos para o LARI e ASL

## BIBLIOGRAFIA

- [1] GERGES, S. N. Y. (2000) “ Ruido: Fundamentos e Controle” NR Editora, Florianopolis, 2<sup>a</sup>. Edição. Chapter 2, pp 41-77.
- [2] BERGER, E. H. et al (2000) “Noise Control and Hearing Conservation: Why do It?” In The Noise Manual” Edited by Elliot Berger. AIHA, 2000.
- [3] BERGER, E. H. (1980) EARLog 5 – Hearing Protector Performance: How they work –and – what goes wrong in the real world.
- [4] HARRIS, C. M. (1991) “ Definitions, Abbreviations, and Symbols”In: Handbook of Acoustic Measurements and Noise Control. Ed. By Harris, C. M. McGraw-Hill, US.
- [5] CASALI, J. (1986) “Effects of User Insertion/Donning Instructions on Noise Attenuation of Aural Insert Hearing Protectors”. Human Factors, 28(2). PP. 195-210
- [6] BERGER, E. H. (1986) “ Methods for measuring the attenuation of hearing protection devices” Review and tutorial papers Journal of Acoust. Soc. Am. 79 (6), June. PP. 1655-1687.
- [7] BERGER, E. H. (1988) EARlog 19 – Tips for Fitting Hearing Protectors.

- [8] BERGER, E. H. ET ALL (1998) Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part III. The validity of using subject-fit data. Volume 103 (2). pp. 665-672
  
- [9] ROYSTER, J. D. (1996) "Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part I, Research of Working Group 11, Accredited Standards Committee S12, Noise". Journal of Acoust. Soc. Am 99(3) March. PP.1506-1526.
  
- [10] BEHAR, A. (1984) "Field Evaluation of Hearing Protectors" Noise Control Engineering Journal. 24(1), February 1984, pp. 13-18.
  
- [11] ALBERTI, P. W. (1979) "The Effectiveness of Hearing Protectors in Practice". The Journal of Otolaryngology, 8:4.
  
- [12] BERGER, E. H. (1991) "Earlog 21 – Hearing Protector Testing – Let's Get Real.
  
- [13] CASALI, J. G. (1991) "Laboratory Versus Field Attenuation of Selected Hearing Protectors" Sound and Vibration, October 1991, pp. 28-38.
  
- [14] Berger (1996a) " In search of Meaningfull Measures of Hearing Protector Effectiveness" EAR 96 –01/HP. Spectrum Vol 13, Suppl. 1, p.29.

- [15] NR – 15 – Atividades e Operacoes Insalubres, source (<http://www.mte.gov.br>)
- [16] NR – 6 – Equipamentos de Protecao Individual, source (<http://www.mte.gov.br>)
- [17] EPA, “Part 211 – Product Noise Labeling”
- [18] Osha Regulations (Standards 29 CFR) – Occupational Noise Exposure – 1910.95, source (<http://www.osha-slc.gov>)
- [19] WILLIAMS, A. (1999) “Laboratory Accreditation – where next?” Accreditation Quality Assurance” Vol. 4. pp. 31-32.
- [20] KOVALEVSKY, J. (2000) “The Consequences of the Mutual Recognition of Measurements Standards for International Metrology”. Accreditation Quality Assurance” Vol. 4. pp. 409-413.
- [21] ISO/IEC – Guide 25 – General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. 4<sup>th</sup> Edition, 1997.
- [22] LAPPONI, J. C. (2000) “Projectos de Investimentos; Construcao e Avaliacao de Fluxo de Caixa. Lapponi Editora, São Paulo
- [23] CASAROTO, N. C. e KOPITTEKE, B. H. (1998) “Analise de Investimentos”. Editora Atlas, São Paulo.



- [24] HORGREEN, C. T. (1996) “ Introduction to Management Accounting”  
10<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey